

Markus Böckelmann und Wolfgang Lücke, Göttingen, sowie Reinald-Jörg Weimar, Soest

# Bewertung landwirtschaftlicher Trocknungsanlagen

## Anforderungen und Möglichkeiten

*Die Trocknung von landwirtschaftlichen Körnerfrüchten hat sich bewährt, um die Kornqualität und Lagerstabilität zu sichern. Aktuelles Ziel der Praxis ist das Erreichen möglichst günstiger spezifischer Trocknungskosten, wobei Sekundäreffekte wie eine CO<sub>2</sub>-Reduzierung, Kornschonung und Qualitätserhaltung wichtiger werden. Wie sich der kornspezifische Trocknungsenergiebedarf und der anlagenspezifische Wirkungsgrad erfassen lassen und wie verschiedene Trockner oder Trocknungssysteme im verfahrenstechnischen Vergleich zu beurteilen sind, ist bisher ungeklärt. Daher wird untersucht, ob sich Trockner oder Trocknungsprozesse mit Hilfe von Kenngrößen beschreiben lassen.*

Dipl.-Ing. Markus Böckelmann ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Agrartechnik (Leitung: Prof. Dr. sc. agr. Wolfgang Lücke) im Department für Nutzpflanzenwissenschaften der Georg-August Universität Göttingen, Gutenbergstraße 33, 37075 Göttingen; e-mail: [M.Boeckelmann@t-online.de](mailto:M.Boeckelmann@t-online.de)  
 Prof. Dr.-Ing. Reinald-Jörg Weimar ist tätig am Institut für Technologie- und Wissenstransfer, TWS, im Kreis Soest e.V. – Institut der Hochschulabteilung Soest, Lübecker Ring 2, 59494 Soest.

### Schlüsselwörter

Warmlufttrocknung, Trocknerleistung, Energiebedarf

### Keywords

Hot air drying, drying capacity, energy requirements

Die Trocknung von Getreide und auch insbesondere Körnermais wird in der Praxis als gesamtheitliches Verfahren gesehen, wobei die dabei einhergehenden Vorgänge im Produkt und im Verfahrensablauf variabel sind. Im Wesentlichen wird die Trocknung hierbei von drei Faktoren geprägt:

1. Aufbau und Wirkungsweise der Trocknungsanlage
2. Manuelle Einstellung der Anlage oder bei automatischer Steuerung der Anlage deren Regelabhängigkeiten
3. Produktspezifische Eigenschaften des Trocknungsgutes

Der Begriff der Trocknungswilligkeit zur Beschreibung der produktspezifischen Trocknungseigenheiten ist physikalisch und auch verfahrenstechnisch nicht definiert, gleichwohl als Begriff bekannt. Hierbei ergeben sich zwei unterschiedliche Betrachtungsebenen:

- a) Die Trocknungswilligkeit des Trocknungsgutes in Verbindung mit der zur Trocknung umgebenden Verfahrenstechnik. Hierbei ist von Bedeutung, wie gut die eingesetzte Trocknungstechnik konstruktiv und verfahrenstechnisch in der

Lage ist, das Wasserabgabevermögen oder den Wasserabgabebedarf des Trocknungsgutes auszuschöpfen.

- b) Die Trocknungswilligkeit des Trocknungsgutes als direkte produktspezifische charakteristische Größe

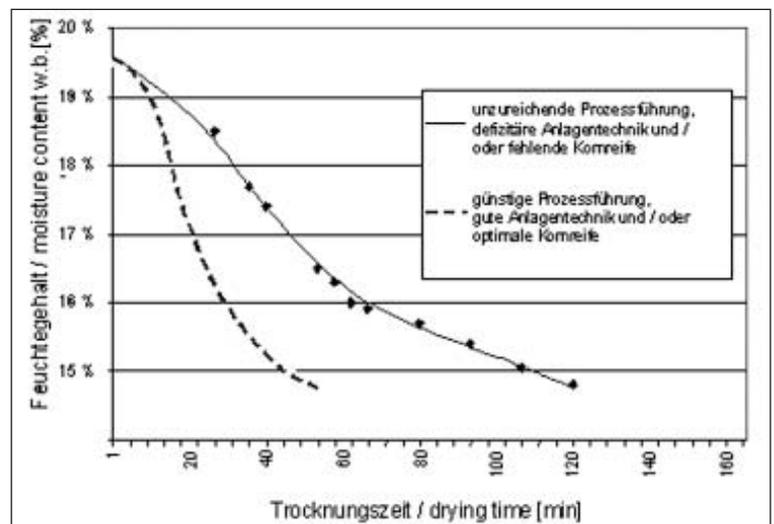
### Spezifischer Trocknungsenergiebedarf

Im praktischen Einsatz wird bei der Körnermais- oder Getreidetrocknung entsprechend dem augenblicklichen Stand der Technik zunächst nur bewertet, welche Trocknungsleistung erreicht und welcher spezifische Trocknungsenergiebedarf hierzu notwendig ist. Der spezifische Trocknungsenergiebedarf lässt sich praktikabel auf zwei unterschiedliche Basiswerte beziehen:

- 1) Der spezifische Trocknungsenergiebedarf in kWh je kg entzogenen Wassers
- 2) Der spezifische Trocknungsenergiebedarf in kWh je 1000 kg Nassgut und je Prozent Feuchtegehaltsentzug

Die Vergleichbarkeit verschiedener Anlagen untereinander ist durch die Festlegung eines idealisierten Feuchtegehaltentzuges gegeben. Beide angeführten Ansätze 1) und 2) sind zur Bewertung des spezifischen Trock-

*Bild 1: Einfluss von Anlagentechnik, Prozessführung und Trocknungsguteigenschaften auf die erforderliche Trocknungsdauer verschiedener Durchlauf-trockner (die Punkte markieren unterschiedliche Durchlauf-trockner)*



*Fig. 1: Effect of installation technology, process control and drying material characteristics on necessary duration of drying of different continuous flow driers (dots represent different dryer types)*

nungsenergieeinsatzes in der Praxis üblich. Hierdurch ist aber nur ein grober Vergleich von Anlagen dahingehend möglich, ob das Trocknen biologisch und wirtschaftlich vernünftig erfolgt ist. Insbesondere landwirtschaftliche Trocknungsanlagen sind zur Getreide- oder Körnermaistrocknung oft nur begrenzt im Einsatz. Hieran orientiert(e) sich auch das bisherige Anforderungsprofil mit folgender Wertigkeit nach:

- a) Trocknerleistung
- b) Bedienerfreundlichkeit
- c) Trocknungsenergiebedarf

Aufgrund der fortschreitenden Erhöhung der Beschaffungskosten für Trocknungsenergie verlagert sich aktuell das Anforderungsprofil von landwirtschaftlichen Trocknungsanlagen. Die von der Praxis geforderte Verschiebung zu einer nahezu gleichwertigen Forderung der drei Hauptkriterien lässt sich nur mit einer vollständigen Optimierung des Gesamtverfahrens lösen. Dies gelingt aber nur, wenn der produktspezifische Trocknungsenergiebedarf vom von der Trocknungsanlage umgesetzten gesamten Trocknungsenergieeinsatz entkoppelt bewertet wird.

Die Praxis zeigt, dass im Vergleich zu dem theoretischen Trocknungsenergiebedarf der reinen Wasserverdunstung dieser Wert im tatsächlichen Betrieb um bis zu zweifach höher sein kann. Im Wesentlichen sind hierfür die Bindungsform der Feuchtigkeit und ihre korninnere Verteilung verantwortlich.

Hinzu kommen noch technische Anlageneigenschaften wie eine ungünstige Luft- und Wärmeverteilung im Trockner, nicht angepasste Trocknungszeiten, eine unpassende Wärme- und Luftbereitstellung oder falsche konstruktive Dimensionierung der leistungsbestimmenden Trocknerbaugruppen [1].

### **Vergleichbarkeit von Trocknern mit Hilfe von Kenngrößen**

Bei eigenen Versuchen hat sich eine maßgebliche Bandbreite des produktabhängigen Trocknungsenergiebedarfes gezeigt. Dieser ist in Abhängigkeit von der Sorte, der Abreife, den Vegetations- und Witterungsbedingungen (Standortfaktoren) und dem Kornaufbau – losgelöst von der konkreten Trocknungsanlage – zu sehen. Die Trocknungstechnik beeinflusst den Trocknungsenergiebedarf ebenfalls. Entscheidend ist, wie gut es eine Trocknungsanlage ermöglicht, das Wasserabgabepotenzial des Trocknungsgutes möglichst optimal auszuschöpfen. Hierbei ist zwischen durchsatzmaximierter und energieeinsatzminimierter Trocknung zu unterscheiden [2].

Trocknungsversuche in der Abteilung Agrartechnik des Departments für Nutzpflanzenwissenschaften der Universität Göt-

tingen haben gezeigt, dass eine Optimierung der Trocknungsgeschwindigkeit das Beherrschen der Verfahrenstechnik unter Berücksichtigung der Trocknungswilligkeit des Produktes erfordert. Dieses gilt bei der Getreide- und Maistrocknung gleichermaßen.

Die Trocknungswilligkeit von Getreide oder Körnermais versteht sich unter nicht exakt physikalisch - wissenschaftlichen Gesichtspunkten als Umschreibung, wie gut ein Trocknungsgut in der Lage ist, seine ihm anhaftende und enthaltene Feuchtigkeit bis zu einem Endfeuchtegehalt unter Einbeziehung des Trockners abzugeben – immer unter der Maßgabe einer möglichst optimalen Trocknerkonfiguration. Obwohl sich Trocknungsprozesse landwirtschaftlicher Produkte im Ergebnis gut energetisch bilanzieren lassen, gibt es große Abweichungen zwischen verschiedenen Trocknungsanlagen. Die Trocknungswilligkeit ist keine direkt messbare oder berechenbare charakteristische Einzelgröße, wie zum Beispiel der Reibwert  $\mu$  von Werkstoffpaarungen. Sie ist vielmehr wie beispielsweise der Cw-Wert bei Pkw als Beschreibungsgröße des Luftwiderstandsbeiwertes bei einer bestimmten Anströmungsgeschwindigkeit in Bezug auf ein bestimmtes Fahrzeug zu sehen.

Im Sinne der Anwendung durch den Trocknungsbetreiber oder Konstrukteur ist im Ergebnis die Trocknungswilligkeit als Außenwirkung auf den Trockner und den gesamten Trocknungsprozess interessant. Daher ist es bei einer physikalisch orientierten Beschreibung des Trocknungsvorganges möglich, für den praktischen Einsatz keine produktspezifischen Messgrößen anzulegen, sondern parallel zur Wirkungsweise in Trocknungsanlagen physikalische Messgrößen zu entkoppeln und im Verhältnis zu übertragen.

Die Beobachtung in der Praxis zeigt, dass sich daher Produkte verschieden schnell und verschiedenartig trocknen lassen. Aus diesem Grunde gibt es eine große Zahl von Trocknerarten [3]. Dabei stellt sich die Frage, welcher Trockner für ein bestimmtes Produkt die besten Eigenschaften aufweist. Dazu ist die Vergleichbarkeit von Trocknerarten in Bezug auf Durchsatz, spezifischen Energiebedarf, Feuchteentzug und Trocknungsdauer unter Beachtung der Qualitätsvorgaben von Bedeutung.

### **Bewertung unterschiedlicher Trockner**

Im Rahmen einer Projektarbeit sind zwischen 2002 und 2006 insgesamt 14 verschiedene landwirtschaftliche Trocknungsanlagen mit insgesamt 30 Trocknungsvorgängen messtechnisch aufgenommen und mit Hilfe von Kenngrößen bewertet worden. Im Rahmen dieser Ausarbeitung lassen sich die

Ergebnisse nur im Überblick skizzieren. Im Ergebnis zeigt sich, dass es mit Hilfe von geeigneten Kenngrößen möglich ist, unterschiedliche Trocknerbauarten hinsichtlich ihrer Vor- und Nachteile in Bezug auf die Trocknungsdauer, den spezifischen Trocknungsbedarf, dem Verhältnis von Trocknungsvolumen zu Trocknerleistung losgelöst von Baugröße und Trocknungsgut zu bewerten. Ebenso ist es möglich, Unterschiede im Trocknungsverfahren bei nahezu baugleichen Trocknern zu differenzieren. Auf diese Weise ist es möglich, günstige Dimensionierungen oder Betriebsparameter von Trocknern zu bestimmen. Weiterhin lassen sich die spezifischen Leistungsverhältnisse von einem Trockner zur Verfahrensbeurteilung einordnen, der für verschiedene landwirtschaftliche Produkte eingesetzt wird (*Bild 1*).

### **Fazit**

Bei der Betrachtung verschiedener Trocknungsanlagen zeigt sich, dass zwischen leistungsmaximierter und energieeinsatzminimierter Trocknung ein Zielkonflikt besteht. Nur durch eine differenzierte Erfassung zur Führung einer Trocknungsanlage mit Hilfe der messbaren Betriebszustände lassen sich Trockner bilanzieren und Reserven sowie eventuelle Durchsatzreserven erkennen. Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise und definierter Qualitätsparameter lassen sich Trocknungsprozesse mit Hilfe von Kenngrößen technisch und wirtschaftlich besser beherrschen. Perspektivisch lässt sich aus dem vorliegenden Datenfundus erwarten, dass trockenungstechnische Kenngrößen auch zur Anlagenführung (Trocknersteuerung) eingesetzt werden können.

### **Literatur**

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Böckelmann, M.: Qualitätssicherung durch dokumentierte Trocknung. Mühle+Mischfutter, (2003), H. 23, S. 689 - 691
- [2] • Krischer, O., und W. Kast: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1978, ISBN 3-540-08280-8
- [3] Toftdahl, O.: Grain Drying. Innovation Development Engineering ApS, Denmark, 1987