

Agrartechnik in Tropen- und Subtropen

Joachim Müller

Kurzfassung

Um den Energiebedarf bei der Trocknung zu senken, ist die Optimierung des Trocknungsprozesses im Hinblick auf den Energiebedarf und die Qualität der Endprodukte erforderlich. Hierzu werden Grundlagenuntersuchungen mit systematischer Variation von Temperatur, relativer Feuchte und Geschwindigkeit der Trocknungsluft durchgeführt, wofür am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim ein neuartiger Labortrockner entwickelt wurde. Die Anlage erlaubt die gleichzeitige Durchführung von Versuchen in drei Wiederholungen sowie die Trocknung einer genügend großen Probenmenge für die anschließende Qualitätsanalyse. Für die solare Trocknung von Getreide in tropischen und subtropischen Regionen wurde eine kostengünstige Variante des Hohenheimer Tunnelrockners in Form eines Tragluft-Folientunnels entwickelt. Der Trockner wurde für Reis und Mais in mehreren Ländern Afrikas und Asiens erfolgreich eingesetzt.

Schlüsselwörter

Labortrockner, Tragluft-Folientunnelrockner, Reis, Mais, Mango

Agricultural Engineering in Tropics and Subtropics

Joachim Müller

Abstract

In order to reduce the energy demand during drying, the optimization of the drying process with regard to the energy demand and the quality of the end products is necessary. For this purpose, basic investigations are carried out with systematic variation of temperature, relative humidity and velocity of the drying air, for which a novel laboratory dryer was developed at the Institute of Agricultural Engineering of the University of Hohenheim. The system allows simultaneous performance of experiments in three replicates as well as drying of a sufficiently large sample quantity for subsequent quality analysis. A low-cost variant of the Hohenheim tunnel dryer in the form of an inflatable foil tunnel was developed for solar drying of cereals in tropical and subtropical regions. The dryer has been successfully used for rice and maize in several countries in Africa and Asia.

Keywords

Laboratory dryer, inflatable foil tunnel dryer, rice, maize, mango

Grundlagenuntersuchungen zur Trocknung

Früchte und Gemüse stellen in tropischen Ländern eine wichtige Quelle von sekundären Inhaltsstoffen wie Vitaminen und Mineralien dar, um der weitverbreiteten Mangelernährung, welche als "hidden hunger" bezeichnet wird, zuvorzukommen. Daneben haben sie einen hohen Marktwert und stellen eine wichtige Einkommensquelle dar. Allerdings sind diese Produkte leicht verderblich und müssen aufgrund der schwierigen Transportverhältnisse und mangelnden Kühlmöglichkeiten haltbar gemacht werden. Hierbei stellt die Trocknung eine günstige Art der Konservierung dar, da neben der Verlängerung der Lagerungsfähigkeit auch das Transportgewicht reduziert wird. Um den Energiebedarf bei der Trocknung zu senken, ist die Optimierung des Trocknungsprozesses im Hinblick auf den Energiebedarf und die Qualität der Endprodukte erforderlich. Hierzu werden Grundlagenuntersuchungen mit dünnen Materialschichten in präzisen Labortrocknern mit systematischer Variation von Temperatur, relativer Feuchte und Geschwindigkeit der Trocknungsluft durchgeführt. Zur statistischen Absicherung sind hierbei mehrere Wiederholungen für jede Parameterkombination erforderlich. Dadurch nimmt die Versuchsdurchführung mehrere Tage bis Wochen in Anspruch, wobei sich die Beschaffenheit durch Reifeprozesse im Feld oder im gekühlten Zwischenlager verändern kann. Darüber hinaus sind die relativ kleinen Probenmengen oft zu gering für die Standardmethoden der chemischen Qualitätsanalyse. Aus diesem Grund wurde am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim eine neuartige Labortrocknungsanlage mit der Bezeichnung HPD TF3+ konzipiert (**Bild 1**).

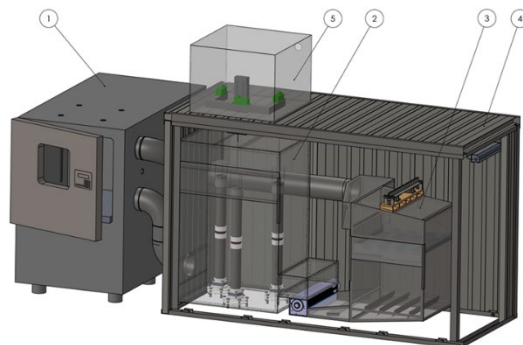


Bild 1: Labortrocknungsanlage HPD TF3+ mit 1) Klimakammer, 2) Präzisionstrockner in dreifacher Ausführung, 3) Flachbettstrockner, 4) Nachheizung zur Kompensation von Wärmeverlusten, 5) Wägeeinheit mit drei Wägezellen [1]

Figure 1: Laboratory drying system HPD TF3+ with 1) climatic chamber, 2) precision dryer in triplicate, 3) flat-bed dryer, 4) heating system to compensate heat losses and 5) weighing unit with three load cells [1]

Zur Konditionierung der Trocknungsluft wird hierbei eine kommerziell verfügbare Klimakammer eingesetzt. Die Trocknungsluft wird durch drei baugleiche Präzisionstrockner geführt, in welchen der Trocknungsverlauf dünner Materialschichten mit einer Masse von bis zu 600 g durch Wägezellen erfasst wird. Zusätzlich wird die Trocknungsluft durch einen Flachbettstrock-

ner geführt, in welchem bis 20 kg Material getrocknet werden kann. Dadurch stehen pro Versuchsdurchgang drei Wiederholungen zur Verfügung, sowie genügend zusätzliches Material für die Qualitätsanalysen. Alle erforderlichen Angaben zum Nachbau der Anlage wurden in einer speziell für Prototypen eingeführten Fachzeitschrift publiziert [1].

Der Labortrockner wird nun genutzt, um die Grundlagenuntersuchungen zum Trocknungsverhalten tropischer und subtropischer Anbaukulturen, von welchen etliche in einem Sammelwerk bereits publiziert wurden, weiter auszubauen [2]. Hierzu zählt Mango, eine der bedeutendsten tropischen Früchte, die wegen ihrer geschmacklichen Qualität und ihres hohen Nährwerts weltweit gehandelt und konsumiert wird. Die Auswirkungen der Trocknungsbedingungen auf die Qualität bezüglich Farbe, Textur und wertgebende Inhaltsstoffe wie Vitamine, Carotinoide und Antioxidantien wurde in der Literatur bereits dokumentiert. Mango ist jedoch auch reich an verdauungsfördernden Enzymen, welche bislang wenig beachtet wurde. Deshalb wurde der Einfluss der Trocknungsbedingungen auf den Erhalt der Enzymaktivität in getrockneten Mangos ermittelt. Zunächst wurde die Wirkung verschiedener Trocknungstemperaturen zwischen 40 und 80°C und Luftgeschwindigkeiten von 1,0 und 1,4 m/s auf die Aktivitätserhaltung der temperatursensiblen Enzyme Polyphenoloxidase und Katalase untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass höhere Trocknungstemperaturen zu einem signifikant stärkeren Abbau dieser Enzyme führten, während eine höhere Luftgeschwindigkeit eine Tendenz zu besserem Erhalt der Enzyme zeigte. Die temperaturabhängige Abnahme der Enzymaktivität ist in **Bild 2** (links) exemplarisch für Katalase, als relative Aktivität gemessen an der Ausgangsaktivität, dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Temperatur im Innern der Mangoproben durch den Aufheizungsprozess bei gleichzeitigem Entzug der Verdunstungswärme zunächst ansteigt und sich gegen Ende der erforderlichen Trocknungsdauer an die Lufttemperatur angleicht (Bild 2, rechts).

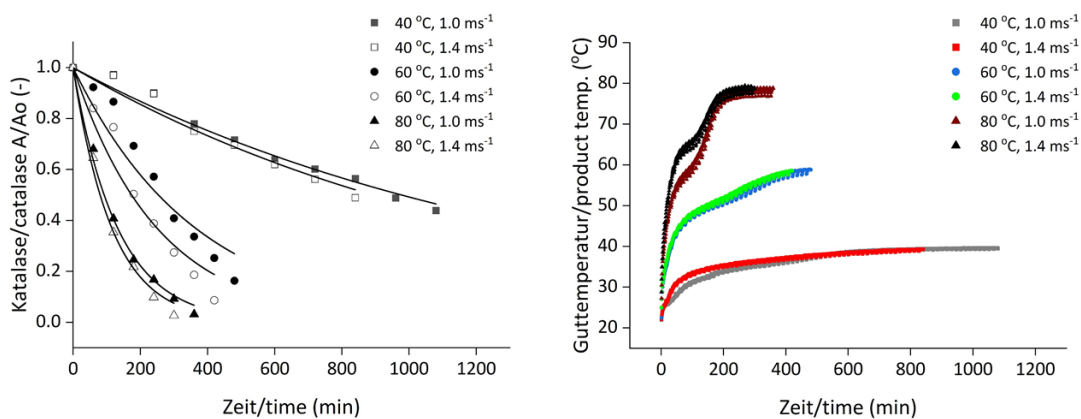


Bild 2: Katalaseaktivität während der Trocknung von Mango bei unterschiedlicher Temperatur und Geschwindigkeit der Trocknungsluft (links) und Temperatur im Innern der Mangoproben (rechts) [3]
Figure 2: Catalase activity during drying of mango at different temperature and velocity of the drying air (left) and temperature inside the mango samples (right) [3]

Aus den Ergebnissen konnte als Optimum eine Trocknungstemperatur von 40°C und eine Luftgeschwindigkeit von 1,4 m/s abgeleitet werden [3]. Da sich während der Versuchsdurchführung Hinweise ergaben, dass auch die temperaturstabilen Enzyme eine Temperaturabhängigkeit zeigen, wurde die Studie auf Amylase und Invertase ausgedehnt. Hierbei zeigten sich bezüglich des Temperatureinflusses umgekehrte Ergebnisse. Eine zügige Trocknung bei hoher Temperatur von 80°C und hoher Luftgeschwindigkeit von 1,4 m/s führte zum besseren Erhalt der temperaturstabilen Enzyme. Dies zeigte sich auch am geringeren Gehalt an Maltose und Glukose - den Endprodukten der enzymatischen Umsetzung - im getrockneten Produkt [4]. Bei diesen Untersuchungen stand nicht nur der Erhalt wertvoller Enzyme im Vordergrund, sondern auch die Möglichkeit, eine Wärmebelastung während der Trocknung durch die Reduzierung der temperatursensitiven Enzyme nachzuweisen. Hierzu wurde der Gehalt an Katalase als Indikator für eine Wärmebelastung während der Trocknung genutzt. Dies erschien angezeigt, als sich bei der Trocknung zwischen 40 und 80°C kein visueller Unterschied zwischen den getrockneten Proben ergab, was durch Farbmessungen zusätzlich bestätigt wurde. Zur Entwicklung einer möglichst einfachen Methode wurde der Auftrieb zugeschnittener, getrockneter Mangoscheiben in H₂O₂-Lösung genutzt, welcher auf der Bildung von O₂ Gasblasen beruht. Als Referenz wurde der H₂O₂-Abbau in der Lösung, bedingt durch die Reaktion mit Katalase, photometrisch gemessen. Sowohl die Spektralphotometrie als auch die Flotationsmethode haben sich als einfache, schnelle und kosteneffiziente Methoden erwiesen, welche wenig apparative Ausrüstung erfordern und in der Praxis zum Nachweis einer vorausgegangenen Wärmebelastung eingesetzt werden können [5].

Solare Trocknung

Als Energiequelle zur Trocknung landwirtschaftlicher Produkte liegt in strahlungsreichen tropischen und subtropischen Regionen die Nutzung der Solarenergie nahe. Neben der Klimaschädlichkeit fossiler Energieträger spricht auch deren begrenzte Zugänglichkeit und krisenbedingten Preisanstieg für den Einsatz der solaren Trocknung. Eine ausführliche Übersicht zu derzeit eingesetzten Solartrocknern findet sich in [6]. Der seit Jahren von der Firma Innotech erfolgreich vermarktete Hohenheimer Tunneltrockner nimmt bei der Trocknung von hochpreisigen Produkten wie Früchte, Gemüse, Pilze und Arzneipflanzen eine exponierte Stellung ein. Zur Trocknung von Getreide, welches nur geringe Gewinnspannen aufweist und in kleinbäuerlichen Betriebsstrukturen oft in erster Linie zur Selbstversorgung angebaut wird, wurde in Zusammenarbeit mit dem International Rice Research Institut (IRRI) [7] und der Firma Grain-Pro [8] eine kostengünstige Variante entwickelt, welche jedoch wirtschaftlich mit der einfachen Trocknung an der Sonne konkurriert. Als Hauptvorteil wird hier der Schutz vor plötzlich einsetzenden Tropenregen gesehen, welche oft nur wenig Zeit lassen, um das an der Sonne ausgebreitete Getreide zu bergen.

Der Trockner besteht im Wesentlichen aus einem Folientunnel, wobei eine transparente PE-Folie als Oberseite mit einem Reißverschluss an einer verstärkten schwarzen PVC-Folie als Unterseite befestigt wird (**Bild 3**). Der Tunnel wird direkt auf dem Boden ausgelegt und am Eingang mit zwei Axialventilatoren, welche mit PV-Modulen betrieben werden können, aufge-

blasen. Der Tunnel benötigt keine weitere Stützstruktur und wird nach dem Prinzip der Tragluftthalle ausreichend stabilisiert. Der Tunneltrockner wird deshalb in der Literatur als „inflatable solar dryer (ISD)“ oder auch „solar bubble dryer (SBD)“ bezeichnet. Mit zwei Abluftöffnungen am Ausgang wird die Luftwechselrate eingestellt. Der zu trocknende Reis wird in einer 4 cm hohen Schicht auf der schwarzen Bodenfolie ausgebreitet und mit der transparenten Deckfolie durch Schließen des Reißverschlusses abgedeckt.



Bild 3: Traglufttunnel zur Trocknung von Reis in den Philippinen mit Blick auf die Ventilatoren am Trocknereingang (links) und Innenansicht mit Blick auf die Reisschicht (rechts) [9]

Figure 3: Inflatable solar dryer with view on the axial ventilators at the entrance of the dryer (left) and view on the rice layer inside of the dryer (right) [9]

Da der Reis an der Oberfläche durch die Solarstrahlung überhitzt, muss er mehrmals täglich gewendet werden. Bei der Sonnentrocknung erfolgt dies beispielsweise mit einem Rechen. Um ein mehrmaliges Öffnen des Tunneltrockners zu vermeiden wird hier ein Rohr unter der Bodenfolie durchgezogen. Dadurch wird die Reisschicht im Innern ausreichend bewegt und durchmischt (**Bild 4**, links). Die Aufnahme mit einer Thermokamera (Bild 4, rechts) zeigt, dass die Oberflächentemperatur der Reisschüttung durch den Wendeprozess auf Werte um 45°C gesenkt wird, wodurch eine Schädigung vermieden werden kann.

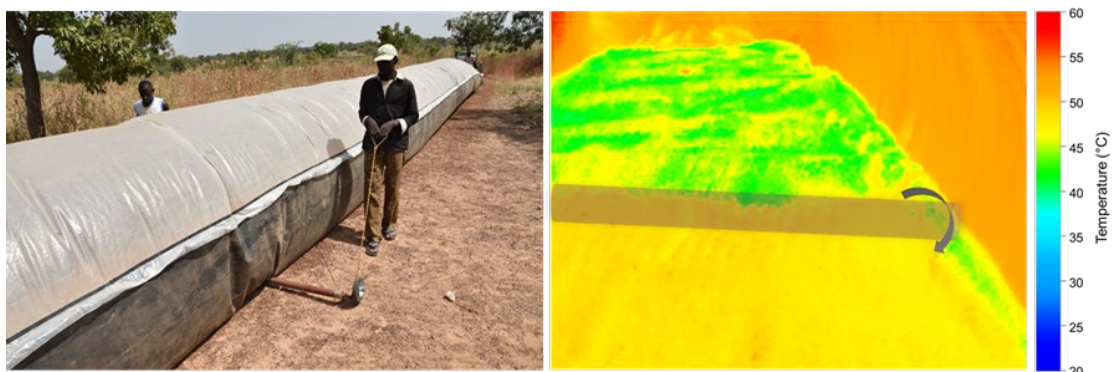


Bild 4: Durchmischung der Reisschicht von außen durch Hindurchziehen eines Rohres unter der Bodenfolie (links) und Thermobild der Reisschicht bei der Passage der Wendeeinrichtung, deren momentane Position grau markiert ist (rechts) [10]

Figure 4: Mixing of the rice layer from the outside by pulling a tube under the bottom film (left) and thermal image of the rice surface during the passage of the turning device, whose momentary position is marked in gray (right) [10]

Um die schwarze Bodenfolie als effizienten Absorber für die solare Vorwärmung der Trocknungsluft zu nutzen, wird eine bestimmte Länge des Tunnels nach dem Einlass nicht mit Reis bedeckt. Die Gesamtlänge des Tunnels und die Länge der Vorwärmzone werden an Standort und Jahreszeit angepasst. **Tabelle 1** zeigt exemplarisch die Konstruktionsparameter für die Trocknung von Reis auf den Philippinen in der Regen- und Trockenzeit [9]. Der Tunneltrockner wurde in mehreren Versuchsdurchläufen im Vergleich zur herkömmlichen Sontrocknung untersucht und optimiert. Der Feuchtegehalt wurde in der Regenzeit innerhalb von 26 bis 52 Stunden von 23 auf 14 % und in der Trockenzeit innerhalb von 4 bis 26 Stunden von 16 auf 14 % reduziert. Die großen Spannen kommen zustande, wenn ein weiterer Tag zur Erreichung des Zielfeuchtegehaltes erforderlich wird. Die Trocknungszeiten waren bei der konventionellen Trocknung durch die direkte Sonnenbestrahlung teilweise etwas kürzer. Der Tunneltrockner hat während der Versuchsphase starke Tropenregen unbeschadet überstanden, während der Reis bei konventioneller Sontrocknung geborgen und wieder ausgebreitet werden musste. Um die Ergebnisse auch auf andere Standorte übertragen zu können, wurde der Trocknungsverlauf basierend auf den Wetterdaten simuliert, wobei auch erstmalig die Absorption der Solarstrahlung durch den Reis berücksichtigt wurde [11; 12].

Tabelle 1: Konstruktions- und Betriebsparameter des solaren Tragluft-Tunneltrockners für die Trocknung von Reis in den Philippinen [9]

Table 1: Design and operating parameters of the solar inflatable tunnel dryer for rice in the Philippines [9]

Konstruktions- und Betriebsparameter Design- and operating parameters	Einheit Unit	Regenzeit Rainy season	Trockenzeit Dry season
Gesamtlänge des Tunnels Total length of the tunnel	m	15	25
Länge der Vorwärmzone Length of preheating zone	m	1,5	3,0
Breite des Tunnels Width of the tunnel	m	2	2
Trocknungsfläche Drying area	m ²	27	44
Füllmenge, frisch Fresh load	kg	600	1000
Luftvolumenstrom Volume flow of air	m ³ /h	670	1390
Luftvolumenstrom per kg Reis Volume flow of air per kg of rice	m ³ /h kg	0,896	0,719

Weitere Versuche mit Reis, zum Teil von anderen Forschergruppen, erfolgten in Burkina Faso [10], Bangladesch [13], sowie in Vietnam, Kambodscha, den Philippinen und Myanmar [14]. In Uganda [15] und Äthiopien [16; 17] wurden Versuche mit Mais durchgeführt. In Kenia wurde

im Traglufttunnelrockner auch Amaranthkraut getrocknet, welches dort als Gemüse verzehrt wird [18]. Im Unterschied zu Getreide ist der Anfangsfeuchtegehalt des Krauts mit 80% sehr hoch. Um eine bessere Umströmung zu erreichen, wurde das Kraut nicht direkt auf der Bodenfolie ausgebreitet, sondern auf drahtbespannten Horden. Damit entfällt die Wendemöglichkeit von außen und damit ein wesentlicher arbeitstechnischer Vorteil des Traglufttunnels. Obwohl die Trocknungsdauer im Vergleich zur herkömmlichen Sonnentrocknung von fünf auf drei Tage gesenkt werden konnte, war die Qualität des Trockenproduktes noch nicht zufriedenstellend. Die Firma GrainPro hat anstelle der Horden ein Netzgewebe als Auflage für das Trocknungsgut in den Folientunnel integriert. Damit entfallen die starren Bauteile und der Tunnel kann am Ende der Trocknungssaison zur Lagerung einfach eingerollt werden. Allerdings kann auch hier das Trocknungsgut nicht von außen gewendet werden. Mit einem Prototyp dieser Bauart wurden in den Philippinen Austernpilze getrocknet, welche jedoch mit geringer Flächenbelegung ausgelegt wurden und nicht gewendet werden mussten [19]. Während sich der Tragluft-Tunnelrockner für Reis und Mais an unterschiedlichen Standorten bewährt hat, empfiehlt sich für die Trocknung von empfindlichen Produkten, wie Früchten und Gemüse weiterhin der Einsatz des klassischen Hohenheimer Tunnelrockners.

Zusammenfassung

Um den Energiebedarf bei der Trocknung zu senken, ist die Optimierung des Trocknungsprozesses im Hinblick auf den Energiebedarf und die Qualität der Endprodukte erforderlich. Hierzu werden Grundlagenuntersuchungen mit systematischer Variation von Temperatur, relativer Feuchte und Geschwindigkeit der Trocknungsluft durchgeführt, wofür am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim ein neuartiger Labortrockner mit der Bezeichnung HPD TF3+ entwickelt wurde. Die Anlage erlaubt die gleichzeitige Durchführung von Versuchen in dreifacher Wiederholung sowie die Trocknung einer genügend großen Probenmenge für die anschließende Qualitätsanalyse. Für Mango wurde die Auswirkungen der Trocknungsbedingungen auf die Qualität bezüglich Farbe, Textur und wertgebender Inhaltsstoffe untersucht. Erstmals wurde dabei auch der Gehalt an Enzymen berücksichtigt und es gelang, eine Wärmebelastung während der Trocknung durch die Reduzierung der temperatursensitiven Enzyme im Trockenprodukt nachzuweisen. Für die solare Trocknung von Getreide in tropischen und subtropischen Regionen wurde eine kostengünstige Variante des Hohenheimer Tunnelrockners in Form eines Tragluft-Folientunnels entwickelt. Der Trockner wurde für Reis und Mais in mehreren Ländern Afrikas und Asiens erfolgreich eingesetzt und findet unter dem Begriff "solar bubble dryer" kommerzielle Verbreitung.

Literatur

- [1] Reyer, S.; Awiszus, S.; Müller, J.: High-precision laboratory dryer for characterization of the drying behavior of agricultural and food products. *Machines* 10 (2022), Aufsatz 372.
- [2] Mühlbauer, W.; Müller, J.: *Drying Atlas - Drying Kinetics and Quality of Agricultural Products*. Duxford, United Kingdom: Elsevier Woodhead Publishing 2020, ISBN: 012818163X.

- [3] Mukhtar, A.; Latif, S.; Müller, J.: Effect of heat exposure on activity degradation of enzymes in mango varieties sindri, sb chaunsa, and tommy atkins during drying. *Molecules* 25 (2020), Aufsatz 5396.
- [4] Mukhtar, A.; Latif, S.; Müller, J.: Effect of hot-air convective drying on activity retention of amylase and invertase in dried mango of varieties Sindri, SB Chaunsa, and Tommy Atkins. *Applied Sciences (Switzerland)* 11 (2021), Aufsatz 6964.
- [5] Mukhtar, A.; Latif, S.; Salvatierra-Rojas, A.; Müller, J.: Catalase activity in hot-air dried mango as an indicator of heat exposure for rapid detection of heat stress. *Applied Sciences (Switzerland)* 12 (2022), Aufsatz 1305.
- [6] Udomkun, P.; Romuli, S.; Schock, S.; Mahayothee, B.; Sartas, M.; Wossen, T.; Njukwe, E.; Vanlauwe, B.; Müller, J.: Review of solar dryers for agricultural products in Asia and Africa: An innovation landscape approach. *Journal of Environmental Management* 268 (2020), Aufsatz 110730.
- [7] N.N.: IRRI, The solar bubble dryer, URL: <http://www.knowledgebank.irri.org/step-by-step-production/postharvest/drying/mechanical-drying-systems/the-solar-bubble-dryer>, Zugriff am: 13.2.2023.
- [8] N.N.: GrainPro, Bubble dryer, URL: <https://www.grainpro.com/grainpro-bubble-dryer>, Zugriff am: 13.2.2023.
- [9] Salvatierra-Rojas, A.; Nagle, M.; Gummert, M.; de Bruin, T.; Müller, J.: Development of an inflatable solar dryer for improved postharvest handling of paddy rice in humid climates. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 10 (2017), S. 269-282.
- [10] Romuli, S.; Schock, S.; Somda, M.K.; Müller, J.: Drying performance and aflatoxin content of paddy rice applying an inflatable solar dryer in Burkina Faso. *Applied Sciences (Switzerland)* 10 (2020), Aufsatz 3533.
- [11] Salvatierra-Rojas, A.; Ramaj, I.; Romuli, S.; Müller, J.: CFD-Simulink modeling of the inflatable solar dryer for drying paddy rice. *Applied Sciences (Switzerland)* 11 (2021), Aufsatz 3118.
- [12] Salvatierra-Rojas, A.; Torres-Toledo, V.; Müller, J.: Influence of surface reflection (albedo) in simulating the sun drying of paddy rice. *Applied Sciences (Switzerland)* 10 (2020), Aufsatz 5092.
- [13] Saha, C.K.; Alam, M.A.; Alam, M.M.; Winter-Nielsen, A.; Harvey, J.: Scope of BAU-STR in existing paddy drying system of Bangladesh. ASABE 2018 Annual International Meeting, 29 Juli -1 August 2018, Detroit, Michigan, Aufsatz 1800674.
- [14] Nguyen-Van-Hung; Tran-Van-Tuan; Meas, P.; Tado, C.J.M.; Kyaw, M.A.; Gummert, M.: Best practices for paddy drying: case studies in Vietnam, Cambodia, Philippines, and Myanmar. *Plant Production Science* 22 (2019), S. 107-118.
- [15] Ntwali, J.; Schock, S.; Romuli, S.; Kiria Chege, C.G.; Banadda, N.; Aseru, G.; Müller, J.: Performance evaluation of an inflatable solar dryer for maize and the effect on product
-

- quality compared with direct sun drying. Applied Sciences (Switzerland) 11 (2021), Aufsatz 7074.
- [16] Asemu, A.M.; Habtu, N.G.; Delele, M.A.; Subramanyam, B.; Alavi, S.: Drying characteristics of maize grain in solar bubble dryer. Journal of Food Process Engineering 43 (2020), Aufsatz e13312.
- [17] Asemu, A.M.; Habtu, N.G.; Subramanyam, B.; Delele, M.A.; Kalsa, K.K.; Alavi, S.: Effects of grain drying methods on postharvest insect infestation and physicochemical characteristics of maize grain. Journal of Food Process Engineering 43 (2020), Aufsatz e13423.
- [18] Romuli, S.; Schock, S.; Nagle, M.; Chege, C.G.K.; Müller, J.: Technical performance of an inflatable solar dryer for drying amaranth leaves in Kenya. Applied Sciences (Switzerland) 9 (2019), Aufsatz 3431.
- [19] Nguyen-Van-Hung; Fuertes, L.A.; Balingbing, C.; Roxas, A.P.; Tala, M.; Gummert, M.: Development and performance investigation of an inflatable solar drying technology for oyster mushroom. Energies 13 (2020), Aufsatz 4122.

Autorendaten

Prof. Dr. Joachim Müller ist Leiter des Fachgebiets Agrartechnik in den Tropen und Subtropen am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim in Stuttgart.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Müller, Joachim: Agrartechnik in Tropen- und Subtropen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2022. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2023. S. 1-9

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202301130849-0>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2022/chapter/tropensubtropen.html>

Dieser Beitrag wird unter einer CC-BY-NC-ND 4.0 Lizenz veröffentlicht.