

Agrartechnik in Tropen und Subtropen

Joachim Müller,
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

Kurzfassung

Als Beitrag zur Sicherung der Welternährung fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter Beteiligung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) seit 2013 mehrere Verbundprojekte, an welchen das Fachgebiet für Agrartechnik der Universität Kassel und das Fachgebiet Agrartechnik in den Tropen und Subtropen der Universität Hohenheim mit Forschungsarbeiten zur Verbesserung der Nutzung von Grundnahrungsmitteln in Afrika beteiligt sind. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Verbesserung der Nacherntetechnologie zur Vermeidung von Verlusten sowie zur Wertsteigerung durch Weiterverarbeitung.

Schlüsselwörter

Nacherntetechnologie, Maniok, Manihot esculenta, Süßkartoffel, Ipomoea batatas

Agricultural Engineering in Tropics and Subtropics

Joachim Müller,
Institute of Agricultural Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart

Abstract

Since 2013, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and the Federal Ministry of Economic Cooperation and Development (BMZ) is funding several joint research projects to contribute to food security. Agricultural and Biosystems Engineering Group of the University of Kassel and Agricultural Engineering Tropics and Subtropics Group of the University of Hohenheim are contributing to those projects to improve the utilization of staple crops in Africa. Focus is on improvement of postharvest technology to reduce food losses and to add value by processing.

Keywords

Postharvest technology, cassava, Manihot esculenta, sweetpotato, Ipomoea batatas

Einführung

Unter dem Titel „GlobE - Forschung für die globale Ernährungssicherung“ fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter Beteiligung des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) seit April 2013 sechs größere Verbundprojekte und investierte damit über die Laufzeit von fünf Jahren hinweg eine Summe von 45 Mio. Euro in die Sicherung der Welternährung [1]. Das Fachgebiet für Agrartechnik der Universität Kassel und das Fachgebiet Agrartechnik in den Tropen und Subtropen der Universität Hohenheim sind an drei dieser Verbundprojekte beteiligt: „RELOAD - Reduction of postharvest losses and value addition in East African food value chains“ [2], „BiomassWeb - Improving food security in Africa through increased system productivity of biomass-based value webs“ [3] und „Trans-SEC - Innovating strategies to safeguard food security using technology and knowledge transfer“ [4]. Aus den Forschungsaktivitäten der beiden Fachgebiete wurden die Ergebnisse zur Verbesserung der Nutzung von Maniok und Süßkartoffeln ausgewählt und werden nachfolgend mit Verweis auf die zugehörige Literatur angesprochen.

Nacherntetechnologie bei Maniok

Maniok (*Manihot esculenta*) stellt in tropischen Regionen einen der wichtigsten Stärkelieferanten dar. Im Jahr 2015 betrug die Weltproduktion 277 Mio. Tonnen, wovon 54% auf Afrika entfiel [5]. Die Produktion nimmt jedoch in Asien und Südamerika in den letzten Jahrzehnten ständig zu, wobei Maniok in diesen Regionen überwiegend als nachwachsender Rohstoff für die Industrie und zur Herstellung von Futtermitteln verwendet wird [6].

Wie aus **Bild 1** hervorgeht bestehen die Maniokwurzeln überwiegend aus Kohlehydraten und der Anteil an Proteinen ist mit weniger als 1% sehr gering [7]. Da besonders in ärmeren Bevölkerungsschichten in Afrika die Ernährung überwiegend auf Maniok beruht, kommt es dort durch ein sehr unausgeglichenes Protein/Stärke-Verhältnis häufig zu Mangelerscheinungen. Im Gegensatz zu den Wurzeln ist der Proteingehalt in den Maniokblättern mit über 35% sehr hoch. Wie eine Literaturübersicht zeigt, ist dabei auch die Zusammensetzung an Aminosäuren für die menschliche Ernährung wertvoll, genauso wie der Gehalt an Vitaminen und Mineralstoffen [8]. Eine Kombination von Blatt und Wurzeln könnte folglich die Ernährungssituation verbessern. Allerdings enthalten die Blätter, ebenso wie die Wurzeln, Blausäureglykoside, welche vor dem Verzehr abgebaut werden müssen. In Regionen, in welchen Maniokblätter bereits genutzt werden, geschieht dies durch mehrstündiges Kochen. Dadurch gehen wertvolle Inhaltsstoffe verloren, weshalb an der Universität Hohenheim schonendere Methoden zur Detoxifizierung entwickelt werden [9]. Neben einer kombinierten Nutzung von Maniokwurzeln und -blättern wäre natürlich eine Diversifizierung des Anbaus wünschenswert, bzw. der Erhalt des traditionellen Mischanbaus, welcher eine sehr vielseitige Ernährung erlaubt [10; 11].

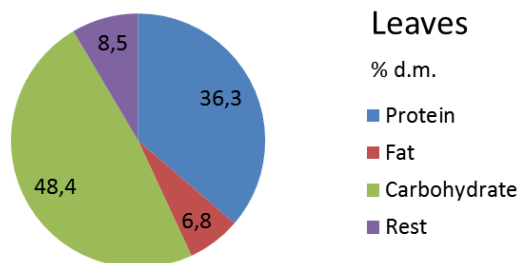
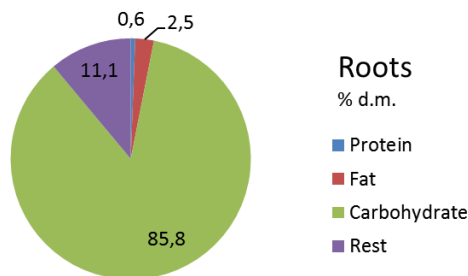


Bild 1: Maniokwurzeln (oben), Maniokblätter (unten) und deren prozentuale Zusammensetzung bezogen auf die Trockenmasse [7].

Figure 1: Cassava roots (top), cassava leaves (bottom) and percentage of compounds dry matter base [7].

Ein Problem ist die kurze Haltbarkeit von Maniok. Bereits zwei bis drei Tage nach der Ernte setzt der Verderb ein. Durch eine zügige Trocknung der geschälten und zerkleinerten Wurzeln kann ein lagerfähiges Produkt hergestellt werden. In Afrika erfolgt die Trocknung meist an der Sonne. Da sich die Trocknung dabei über mehrere Tage erstreckt, muss das Trocknungsgut mit hohem Arbeitsaufwand vor Einbruch der Nacht oder bei einsetzenden Regenfällen geborgen werden. Da die Regenfälle meist plötzlich eintreten, kommt es häufig zum Verderb des Trocknungsgutes. Aus diesem Grund wird derzeit der Hohenheim Tunneltrockner, welcher in Kooperation mit IRRI zur Trocknung von Reis weiterentwickelt wurde, nun auch für die Trocknung von Maniok optimiert [12]. Für die Manioktrocknung im industriellen Maßstab hat sich die Trocknung im Heißluftstrom als innovative und praktikable Methode erwiesen. Feingeraspelte Maniokpartikel werden durch Pressen mechanisch entwässert und in einem Luftstrom bei Temperaturen von mehr als 100°C durch ein Rohrsystem gefördert und dabei, ausgehend von einem Feuchtegehalt von 40%, auf einen lagerfähigen Feuchtegehalt von 10% getrocknet. Die Abtrennung der getrockneten Partikel erfolgt in einem Zyklon [13; 14]. Zur Berechnung des Transport- und Trocknungsverhaltens ist die Kenntnis von Stoffeigenschaften erforderlich, wie sie von Romuli et al. ermittelt wurden [15].

Erste Ergebnisse liegen auch für die Anwendung aufwändigerer Trocknungsmethoden aus der Lebensmitteltechnologie vor, wie der Schaumschichttrocknung [16] und der osmotischen Trocknung [17]. Bei der osmotischen Trocknung wurde der anfängliche Wassergehalt von Maniok durch Einlegen in Salz-, Zucker- oder Salz/Zucker-Lösungen gesenkt und die Trockenmasse durch Aufnahme der Osmolyte erhöht. Am wirksamsten hat sich dabei die kombinierte Salz/Zucker-Lösung erwiesen. Nach einer Tauchzeit von 60 min wurde eine Wasserentzug von 20% und eine Osmolyt-Aufnahme von 15% gemessen. Die Auswirkungen auf die physikalischen und organoleptischen Eigenschaften sind Gegenstand weiterer Forschungen.

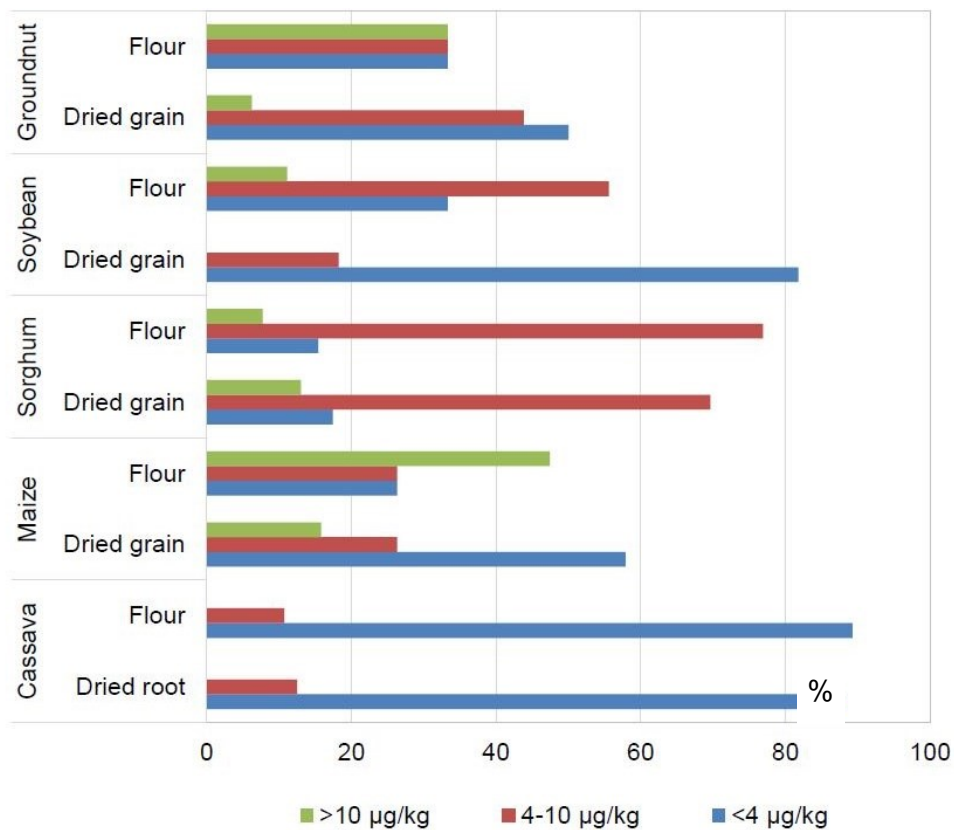


Bild 2: Prozentualer Anteil an mit Aflatoxin kontaminierten Proben auf Wochenmärkten in Burundi und in der Demokratische Republik Kongo (n=218) [18].

Figure 2: Percentage of aflatoxin contaminated food samples on farmers' markets in Burundi and Eastern Democratic Republic of the Congo (n=218) [18].

Bei unsachgemäßer Lagerung entwickeln sich bei getrocknetem Maniok neben Insekten [19] auch diverse Arten von Schimmelpilzen, welche Mykotoxine, wie beispielsweise Aflatoxin, freisetzen [20]. Bei einer Untersuchung in Burundi und im Osten der Demokratischen Republik Kongo wurden auf Wochenmärkten Proben unterschiedlicher Nahrungsmittel genommen. Es hat sich gezeigt, dass über 80% der Maniokproben mit Aflatoxin in einer Konzentration von bis zu 4 µg/kg kontaminiert waren, **Bild 2**. Bei anderen Produkten, wie Mais, Sorghum, Soja und Erdnuss war der Anteil an befallenen Proben zwar geringer, die Belastung der befallenen Proben war jedoch höher. So waren zum Beispiel bei Maismehl annähernd 50% der

Proben mit mehr als 10 µg/kg Aflatoxin belastet [21]. Wie aus einer Studie zur Lagerung von Mais in Äthiopien hervorgeht, wird das Pilzwachstum nicht durch die hohen Temperaturen befördert, sondern durch die hohe relative Feuchte der Luft in traditionellen Lagersystemen [22].

Die stark gesundheitsgefährdenden Mykotoxine lassen sich kaum aus dem Produkt entfernen. Eine Verdünnung der Konzentration durch Verschneidung mit weniger belasteten Partien ist nicht zulässig. Als sicherste Maßnahme zur Vermeidung von Mykotoxinen gilt daher die Reduzierung der verursachenden Pilzpopulationen. Behandlungen, wie elektromagnetische Bestrahlung, Ozonbegasung oder Zugabe bestimmter Chemikalien wie Montmorillonit oder Natriumsulfat können erst nach der Ernte erfolgen. Dagegen stellt die Förderung ungiftiger Pilzstämme als Konkurrenz für die verwandten giftbildenden Stämme ein innovatives biologisches Verfahren dar, welches bereits während des Anbaus angewandt werden kann und bei Mais und Erdnüssen bereits erfolgreich eingesetzt wurde [23].

Aufgrund der unregelmäßigen Form der Maniokwurzeln entstehen bereits beim Schälen erhebliche Masseverluste. Um diese zu reduzieren, wurde ein neues Verfahren entwickelt, bei welchem Zellulose und Hemizellulose der Wurzelrinde durch eine enzymatische Behandlung soweit abgebaut werden, dass sie durch rotierende Bürsten schonend entfernt werden kann [24]. Aber auch für die stärkereichen Schälrückstände der gängigen mechanischen Schälmethoden ergeben sich erfolgsversprechende Verwendungsmöglichkeiten zur Erzeugung von Bioenergie. So wurden für Maniokschalen mit einem Gehalt an Lignin von 10% (TM) im Hohenheimer Biogas Test 0,443 m³ Biogas pro kg organischer Trockensubstanz erzielt mit einem Methangehalt von 51% [21]. In einem speziellen Pyrolyseverfahren, der sogenannten Top-Lit Up-Draft Pyrolyse (TLUD-Pyro) lassen sich Maniokschalen auch in ein brennbares Pyrolysegas, Pyrolyseöle und Biokohle umsetzen [25]. Die unterschiedlichen Komponenten sind in **Bild 3** dargestellt [26].



Bild 3: Maniokschalen (a), Biokohle (b), Pyrolyseöle (c) und Brenner im Betrieb mit Pyrolysegas aus einem Top-Lit Up-Draft Pyrolyse Reaktor [26].

Figure 3: Cassava peels (a), bio-char (b), condensates (c) and burner operated with pyrolysis gas from a top-lit up-draft pyrolysis reactor [26].

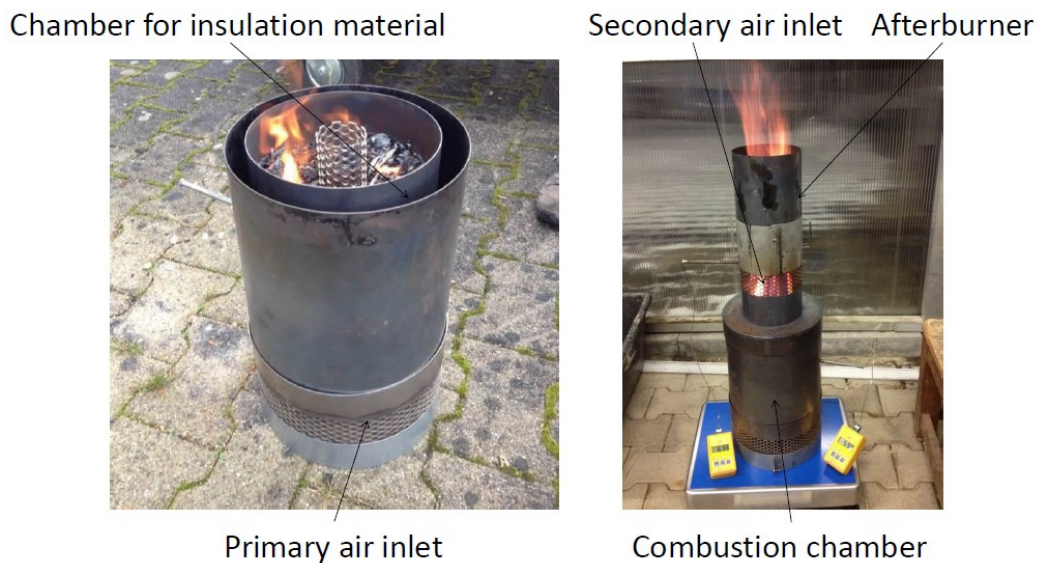


Bild 4: Top-Lit Up-Draft Pyrolyse Reaktor beim Anzünden (links) und im Versuchsbetrieb (rechts), hier ohne zweite Pyrolysekammer und Einrichtung zur Kondensation der Abgase [27].

Figure 4: Top-lit up-draft pyrolysis reactor during ignition (left) and during operation (right) here without second pyrolysis chamber and device for condensation of the flue gases [27].

Wie aus **Bild 4** ersichtlich wird, lässt sich ein TLUD-Reaktor mit einfachen Mitteln bauen, wie sie auch in Entwicklungsländern verfügbar sind. Der Reaktor wird satzweise betrieben, wobei die Biomasseschüttung oben angezündet wird (top-lit). Durch die Erwärmung entsteht im Zentralrohr ein Zug (up-draft), welcher Primärluft von unten ansaugt. Die Verbrennung ist hier unvollständig und hinterlässt Biokohle und brennbare Abgase. Durch Zufuhr von Sekundärluft werden die Abgase im Nachbrenner verbrannt und dienen in einer aufgesetzten zweiten Pyrolysekammer (im Bild zur Veranschaulichung der Flamme abgenommen) zur Pyrolyse bei hoher Temperatur zur Erzeugung von Pyrolysegas und Pyrolyseölen [27].

Nacherntetechnologie bei Süßkartoffeln

Die Süßkartoffel (*Ipomoea batatas*) ist ein weiterer bedeutender Stärkelieferant in afrikanischen Ländern. Hierzu wurden an der Universität Kassel umfangreiche Untersuchungen in Äthiopien durchgeführt. Mittels einer Umfrage bei Landwirten und Händlern wurden Ursache und Ausmaß der quantitativen und qualitativen Verluste bei der Süßkartoffel entlang der Wertschöpfungskette von der Ernte bis zum Verkauf auf lokalen Märkten untersucht [28]. Bei einem begleitenden Versuch hat sich gezeigt, dass die Zwischenlagerung in Säcken an der Sonne eine wesentliche Ursache von Nachernteverlusten darstellt. Bereits nach drei Tagen war ein Masseverlust von 20% erreicht, ab welchem die Süßkartoffeln als nicht mehr vermarktungsfähig gelten. Durch Beschattung konnte die Lagerstabilität auf sieben Tage erhöht werden. Eine maßgebliche Verbesserung der Lagerung könnte durch Belüftung erreicht werden. Als Grundlage hierzu wurde der Widerstand einer Schüttung von Süßkartoffeln bei unterschiedlichen Luftgeschwindigkeiten und Orientierung der Knollen [29], sowie Wärmeübergang und Wärmetransport ermittelt [30]. Da auch die oberirdischen Teile der Süßkartoffel-

pflanze genießbar sind und durch Trocknung konserviert werden können, wurde der Strömungswiderstand auch für Schüttungen von Blatt und Ranken ermittelt [31].

Die Lagerfähigkeit wird auch maßgeblich vom Ausmaß an Schalenverletzungen beeinflusst. Deshalb sollten Beschädigungen bei der Ernte vermieden werden. Hierzu wurde eine einfach durchzuführende Art der Konditionierung auf ihre Wirkung untersucht: das Kraut wurde eine bestimmte Anzahl von Tagen vor der Ernte entfernt [32]. Dadurch werden physiologische Prozesse angeregt, welche zu einer Lignifizierung der Schale führen. In einer systematischen Versuchsanlage auf einem praxisüblich bestellten Feld in Äthiopien wurde das Kraut 3, 7, 10 und 14 Tage vor der Ernte entfernt. Die Widerstandsfähigkeit der Schale nahm dabei kontinuierlich zu. Ab einer Krautentfernung von 10 Tagen vor der Ernte war auch ein signifikant geringerer Gewichtsverlust während einer 30-tägigen Lagerung zu verzeichnen. Damit legt die Arbeit wertvolle Grundlagen für ein praktikables und kostengünstiges Verfahren zur Verbesserung der Lagerfähigkeit von Süßkartoffeln, welches den Landwirten in Äthiopien unmittelbar zugutekommen kann.

Zusammenfassung

Maniok und Süßkartoffeln zählen zu den wichtigsten Stärlieferanten in Afrika. Die Verbesserung der Nacherntetechnologie sowie die Nutzung von anfallenden Nebenprodukten trägt maßgeblich zur Verminderung von Nahrungsmittelverlusten bei und ermöglicht eine Wertsteigerung durch bessere Verarbeitung und der Entwicklung neuer Produkte im Nahrungs- und Energiebereich.

Literatur

- [1] N.N.: GlobE - Forschung für die globale Ernährungssicherung. URL- <https://www.bmbf.de/de/globe-forschung-fuer-die-globale-ernaehrungssicherung-5453.html> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [2] N.N.: Reduction of postharvest losses and value addition in East African food value chains. URL- <http://reload-globe.net/cms/> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [3] N.N.: BiomassWeb - Improving food security in Africa through increased system productivity of biomass-based value webs. URL- <http://biomassweb.org/about-us/> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [4] N.N.: Trans-SEC - Innovating Strategies to safeguard Food Security using Technology and Knowledge Transfer. URL- <http://project2.zalf.de/trans-sec/public/> - Zugriff am: 26.01.2018.
- [5] N.N.: FAOSTAT Food and agriculture data. URL- <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> - Zugriff am: 13.01.2018.
- [6] Parmar, A.; Sturm, B. und Hensel, O.: Crops that feed the world: Production and improvement of cassava for food, feed, and industrial uses. Food Security 9 (2017), S. 907-927.

- [7] Müller, J.: Water, food and energy security in an earth system under stress [keynote lecture]. 5th International Conference on Environmental Research & Technology 22.-25.08.2017 Penang, Malaysia, S. 1-6.
- [8] Latif, S. und Müller, J.: Potential of cassava leaves in human nutrition: A review. *Trends in Food Science & Technology* 44 (2015), S. 147-158.
- [9] Latif, S. und Müller, J.: Cassava – how to explore the “all-sufficient”. *Rural* 21 (2014), S. 30-31.
- [10] Whitney, C.W.; Gebauer, J.; Hensel, O. und Yeh, C.H.: Homegardens and the future of food and nutrition security in southwest Uganda. *Agricultural Systems* 154 (2017), S. 133-144.
- [11] Whitney, C.W.; Luedeling, E.; Tabuti, J.R.S.; Nyamukuru, A.; Hensel, O.; Gebauer, J. und Kehlenbeck, K.: Crop diversity in homegardens of southwest Uganda and its importance for rural livelihoods. *Agriculture and Human Values* (2017), S. 1-26.
- [12] Salvatierra, A.; Nagle, M.; Gummert, M.; de Bruin, T. und Müller, J.: Development of an inflatable solar dryer for improved postharvest handling of paddy rice in humid climates. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering* 10 (2017), S. 269-282.
- [13] Precoppe, M.; Chapuis, A.; Müller, J. und Abass, A.: Tunnel dryer and pneumatic dryer performance evaluation to improve small-scale cassava processing in Tanzania. *Journal of Food Process Engineering* 40 (2015), S. 1-10.
- [14] Precoppe, M.; Tran, T.; Chapuis, A.; Müller, J. und Abass, A.: Improved energy performance of small-scale pneumatic dryers used for processing cassava in Africa. *Biosystems Engineering* 151 (2016), S. 510-519.
- [15] Romuli, S.; Abass, A. und Müller, J.: Physical Properties of Cassava Grits before and after Pneumatic Drying. *Food Process Engineering* 40 (2017), S. 1-9.
- [16] Ayetigbo, O.; Latif, S.; Abass, A. und Müller, J.: Optimization of cassava foaming for foam-mat drying, and use in cream-based foods. *GlobE Status Seminar* 16.-17.10.2017 Berlin, Germany, S. 1.
- [17] Ayetigbo, O.; Latif, S.; Abass, A. und Müller, J.: Effects of temperature and concentration of osmotic solution on osmotic dehydration kinetics of cassava. *GlobE Status Seminar* 16.-17.10.2017 Berlin, Germany, S. 1.
- [18] Udomkun, P.; Wiredu, A.; Mutegi, C.; Atehnkeng, J.; Nagle, M.; Nielsen, F. und Müller, J.: Aflatoxin distribution in crop products from Burundi and Eastern Democratic Republic of Congo. *Tropentag 2017 - Future Agriculture: Social-ecological transitions and bio-cultural shifts* 20.-22.09.2017 Bonn, Germany, S. 1.
- [19] Parmar, A.; Kirchner, S.M.; Langguth, H.; Döring, T.F. und Hensel, O.: Boxwood borer *heterobostrychus brunneus* (Coleoptera: Bostrichidae) infesting dried cassava: A current record from southern Ethiopia. *Journal of Insect Science* 17 (2017), S. 1-8.
- [20] Udomkun, P.; Wiredu, A.; Nagle, M.; Bandyopadhyay, R.; Müller, J. und Vanlauwe, B.: Mycotoxins in Sub-Saharan Africa: Present situation, socio-economic impact, awareness, and outlook. *Food Control* (2016), S. 127-138.
-

- [21] Awiszus, S.; Latif, S. und Müller, J.: Evaluation of the bio-methane potential of by-products from cassava starch processing. Tropentag 2017 - Future Agriculture: Social-ecological transitions and bio-cultural shifts 20.-22.09.2017 Bonn, Germany, S. 107.
- [22] Garbaba, C.A.; Diriba, S.; Ocho, F.L. und Hensel, O.: Potential for mycotoxin-producing fungal growth in various agro-ecological settings and maize storage systems in south-western Ethiopia. *Journal of Stored Products Research* 76 (2018), S. 22-29.
- [23] Udomkun, P.; Wiredu, A.N.; Nagle, M.; Müller, J.; Vanlauwe, B. und Bandyopadhyay, R.: Innovative technologies to manage aflatoxins in foods and feeds and the profitability of application – A review. *Food Control* 76 (2017), S. 127-138.
- [24] Barati, Z.; Latif, S. und Müller, J.: Characterization of cassava root peels for the enzymatic peeling process. *Innovations in Food Science & Technology* 10.-12.05.2017 Munich, Germany, S. 54.
- [25] Intani, K.; Latif, S.; Rafayatul Kabir, A.K.M. und Müller, J.: Effect of self-purging pyrolysis on yield of biochar from maize cobs, husks and leaves. *Bioresource Technology* 218 (2016), S. 541-551.
- [26] Latif, S.; Intani, K. und Müller, J.: Slow pyrolysis of cassava peel by using a op-lit up-draft pyrolysis (TLUD-Pyro) reactor. 6th International Symposium on Energy from Biomass and Waste 14.-17.11.2016 Venice, Italy, S. 49.
- [27] Intani, K.; Latif, S. und Müller, J.: Developing a prototype top-lit up-draft pyrolysis (TLUD-Pyro) stove for improving household energy systems in rural Ethiopia. *PLANT 2030 Status Seminar* 04.-06.03.2015 Potsdam, Germany, S. 125.
- [28] Parmar, A.; Hensel, O. und Sturm, B.: Post-harvest handling practices and associated food losses and limitations in the sweetpotato value chain of southern Ethiopia. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 80 (2017), S. 65-74.
- [29] Korese, J.K.; Richter, U. und Hensel, O.: Airflow resistance through bulk sweet potato roots. *Transactions of the ASABE* 59 (2016), S. 961-968.
- [30] Korese, J.K.; Sturm, B.; Román, F. und Hensel, O.: Simulation of transient heat transfer during cooling and heating of whole sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) roots under forced-air conditions. *Applied Thermal Engineering* 111 (2017), S. 1171-1178.
- [31] Korese, J.K. und Hensel, O.: Resistance to airflow through sweet potato aerial vine components. *Applied Engineering in Agriculture* 32 (2016), S. 483-491.
- [32] Parmar, A.; Kirchner, S.M.; Sturm, B. und Hensel, O.: Pre-harvest curing: effects on skin adhesion, chemical composition and shelf-life of sweetpotato roots under tropical conditions. *East African Agricultural and Forestry Journal* (2017), S. 1-14.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Müller, Joachim: Agrartechnik in Tropen und Subtropen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2017. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2018. S. 1-10

Zitierfähige URL / Citable URL

<https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201801151555>

Link zum Beitrag / Link to Article

<https://www.jahrbuch-agrartechnik.de/artikelansicht/jahrbuch-2017/chapter/tropen-subtropen.html>