

Körnerkonservierung

Jochen Mellmann, Fabian Weigler

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB)

Kurzfassung

Aufgrund zunehmender Überschneidung der Erntefenster verschiedener Druschfrüchte muss die Landwirtschaft eine ausreichende Maschinenleistung vorhalten, um möglichst große Erntemengen zum optimalen Zeitpunkt vom Feld zu holen. Durch unbeständiges Wetter in der Erntezeit schwankt der Konservierungsbedarf von Jahr zu Jahr zwischen 30 und 70 %. Die Ansprüche an eine Zwischenlagerung und Konservierung sind daher vielfältig. Die Getreideanlagen müssen also große Mengen in kurzer Zeit verarbeiten und zwischenlagern können. Die Betriebsabläufe müssen von Jahr zu Jahr weiter optimiert werden.

Schlüsselwörter

Körnerfrüchte, Trocknung, Belüftung, Kühlung, Feuchtkonservierung, Energieeffizienz

Grain preservation

Jochen Mellmann, Fabian Weigler

Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB)

Abstract

Due to an increasing over-lap of the harvesting windows of different crops, the farmers have to provide sufficient machine power in order to harvest as large as possible amounts of grain at an optimum point in time. As caused by contrary weather conditions in the harvesting period, the demand for preservation fluctuates between 30 % and 70 % year by year. Therefore, the requirements for intermediate storage and preservation are manifold. Thus, grain facilities must be able to process and to store temporarily large amounts of crop. The operating procedures are being further optimized year by year.

Keywords

Grain, drying, ventilation, cooling, wet preservation, energy efficiency

Allgemeines

Mit einem Anteil von derzeit ca. 20 Prozent des Gesamtumsatzes in der Landwirtschaft ist Getreide knapp hinter der Milch und gleichauf mit dem Schweinefleisch zurzeit das zweitwichtigste landwirtschaftliche Erzeugnis. Der weltweite Verbrauch an Getreide kennt eigentlich nur eine Richtung: er steigt und steigt! Körnerfrüchte (Getreide und Ölsaaten) sollten idealerweise trocken und kühl gelagert werden, um Atmungsverluste durch Stoffwechselprozesse sowie Schädlingsbefall zu verhindern [1].

Die landwirtschaftlichen Betriebe wachsen in der Fläche und optimieren die Anbau- und Konservierungsverfahren. Die Landtechnik bietet dazu die benötigten Geräte und Maschinen, damit die zur Verfügung stehende Arbeitskraft möglichst schlagkräftig eingesetzt werden kann. Mit einer betriebseigenen Getreidelagerung und -konservierung können Parameter wie Feuchtigkeit, Besatz, Fallzahl und Hektoliter Gewicht maßgeblich beeinflusst werden, sodass es möglich ist, höherwertige Ware am Markt anzubieten und somit höhere Preise zu erzielen [2].

Heutzutage sind verschiedenste Verfahren der Trocknung und Konservierung am Markt erhältlich. Neben Durchlauf- und Satztrocknern, die mit Warmluft arbeiten, gibt es auch Lagerbelüftungsanlagen, die mit trockener Außenluft schonend den gewünschten Lagerungseffekt erzielen. Bei Getreidekühlern wird die angesaugte Außenluft über ein Kühlregister geführt und auf die voreingestellte Temperatur abgekühlt [3]. Nach wie vor wählen über 90 % der Betreiber ein Trocknungsverfahren zur Konservierung ihrer Druschfrüchte für Betriebe, die ihre Ernteprodukte verkaufen wollen. Betriebe, die ihre Ernte nahezu vollständig verfüttern, wählen zunehmend die chemische Konservierung mit Propionsäure [4].

Im Zuge von Landwirtschaft 4.0 halten nun auch moderne Sensortechnik und die obligatorische Datenverarbeitung Einzug in die landwirtschaftliche Trocknungstechnik [5].

Trocknung

Die Rentabilität einer landwirtschaftlichen Trocknungsanlage hängt von verschiedenen Kriterien ab. Die wichtigsten Faktoren sind die Betriebsweise, der Verkaufspreis, die vorhandenen Kapazitäten sowie die Trocknungskosten. Die Nutzung vorhandener Gebäude und der Einsatz eigener Arbeitskräfte sowie der Kauf gebrauchter Anlagen können die Rentabilität erheblich steigern [4].

Durchlauftrockner sind die teuersten, aber auch leistungsfähigsten Trocknungsanlagen. Aufgrund der gestiegenen Energiepreise muss bei der Anschaffung eines neuen Durchlauftrockners darauf geachtet werden, dass dieser eine hohe Energieeffizienz aufweist [4]. Doch bevor in neue Technik investiert wird, sollte überlegt werden, ob die vorhandenen technischen Möglichkeiten ausgereizt sind. Zum einen bleiben vielerorts die Trocknungsanlagen bzgl. des Schwitzprozesses, des Trocknungsziels und der technischen Konfiguration hinter ihren Möglichkeiten zurück. Zum anderen sollten Trocknungsvorgänge, die mehr als 4 % Feuchteentzug vorsehen, geteilt werden, da sonst die Verweilzeit im Durchlauftrockner unverhältnismäßig hoch wird [6]. Das Potenzial vieler Trocknungsanlagen ist noch nicht ausge-

schöpft. Es ist deshalb ratsam, diese Reserven aufzudecken und auszunutzen. Dazu gehören die Errichtung eines Feuchtgetreidelagers und die Optimierung des Durchlauftrockners. Ist dies bereits geschehen, ist über eine Investition in die Getreidereinigung nachzudenken [6].

Um die Trocknungsprozesse effizienter zu gestalten, suchte Riela nach einem zuverlässigen System für In-situ bzw. nach Prozess-Feuchtemesseinrichtungen. Die Wahl fiel auf das System Litronic-FMS der Firma Liebherr, ein System zur Bestimmung der Feuchte in Schüttgütern und Materialien unterschiedlichster Industriebereiche. Die Sensoren werden im Trocknereingang und -ausgang installiert und überwachen direkt im Materialfluss den Feuchtegehalt des Materials [7].

Tornum entwickelte für seine Durchlauftrockner die IDC (Intelligent Dryer Control). Hierbei handelt es sich um eine Vielzahl vernetzter Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren, die helfen, die Vorgänge im Trockner komplett darzustellen und diesen somit auch vollautomatisch regeln zu können [5].

Viele Systeme zur Partikelfeuchtemessung haben sich in der Praxis bei Trocknungsgütern mit höheren Feuchteentzügen, wie etwa bei Mais, gut bewährt. Schwieriger gestalten sich dahingehend Trocknungsgüter mit geringeren Feuchteentzügen. Auf diesem Gebiet eröffnen sich mit der neuesten Generation von Sensoren weitgehend ungenutzte Potenziale [5].

Zur problemlosen Ausführung von Getreideverarbeitungsprozessen, ohne Ausfallzeiten, unerkannte Sicherheitsrisiken und unnötige Betriebskosten werden immer mehr Systeme entwickelt, die gleichzeitig die Zustände des Getreides sowie der Anlagenkomponenten überwachen. Riceland Foods setzt ein von Tempotech implementiertes Profinet-System ein, das Hunderte Sensoren überwacht und so zu deutlich optimierten Prozessen beiträgt [8].

Das innovative in-line Messsystem TRIME®-GW der Firma IMKO ermöglicht eine kontinuierliche Kornfeuchtemessung und damit eine bessere Prozessüberwachung bei der Getreidetrocknung. TRIME-GW ist ein Messverfahren zur vollautomatischen und kontinuierlichen Messung des Wassergehaltes des Gesamtkorns direkt im Trockner bei Temperaturen bis zu 150°C - unabhängig von der Sorte und Zusammensetzung des Getreides. In Verbindung mit der neu entwickelten speicherprogrammierbaren Steuerung SIMATIC S7 ermöglicht dieses Feuchtemesssystem eine automatische Regelung von Getreidetrocknungsanlagen (Bild 1). Mit der neuen Regelung kann die Anlage Tag und Nacht vollautomatisch innerhalb der geforderten Qualitätstoleranzen stabil gehalten werden. Darüber hinaus erlaubt sie sogar ein automatisches Hochfahren der gesamten Anlage vom kalten Zustand in einen stabilen Dauerbetrieb.

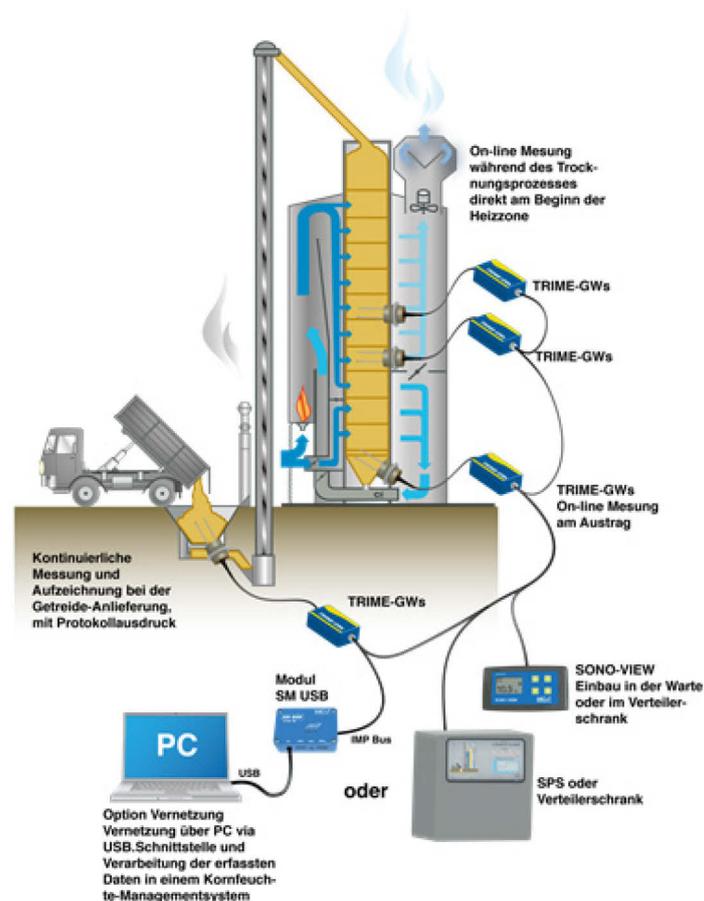


Bild 1: Schema einer Getreide-Trocknungsanlage mit TRIME®-GW Sensoren zur automatischen Regelung der Kornfeuchte mit Hilfe der speicherprogrammierbaren Steuerung SIMATIC S7 (Grafik: IMKO Micromodultechnik GmbH).

Figure 1: Schematic of a grain drying plant with TRIME®-GW sensors for automatic control of the grain moisture based on the programmable-from-memory control system SIMATIC S7 (Graphic: IMKO Micromodultechnik GmbH).

Mit der Entwicklung der UTT (Universell Transportieren und Trocknen) hat die Firma Mawitrocknungsanlagen im Bereich der Containertrocknung einen neuen Standard gesetzt. Mit der UTT können mehrere Container mit unterschiedlichen Schüttgütern gleichzeitig getrocknet werden, da sich die Anlage automatisch auf das jeweilige Schüttgut einstellt. Gleichzeitig kann der UTT Container z.B. in der Ernte als Transportmittel eingesetzt werden [9].

Im Bereich der stationären Trocknungsanlagen präsentiert Stela die zum Patent angemeldete innovative "Biturbo"-Technologie, mit deren spezieller Luftführungstechnik der spezifische Energieverbrauch um bis zu 15 % im Vergleich zu herkömmlichen Anlagen mit aktiver Wärmerückgewinnung reduziert werden kann [10].

Am Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB) werden in Zusammenarbeit mit der Firma Neuero weitere Forschungsarbeiten zur Energieeffizienzsteigerung bei der Getreidetrocknung durchgeführt. Auf Grundlage umfangreicher experimenteller und numeri-

scher Untersuchungen wurde eine optimierte Apparategestaltung für die Dächerschacht-trocknung vorgeschlagen, die auf der Trocknergeometrie des Durchlauftrockners Typ NDT basiert. Zusätzlich wurden die Forschungsarbeiten zur Untersuchung und Verbesserung der Trocknungsluftströmung in Dächerschachttrocknern intensiviert [11].

Die Satztrocknung in sogenannten Silotrocknern ist in den vergangenen Jahren aufgrund ihrer betriebswirtschaftlichen Vorteile sowie des niedrigen Verbrauchs an Wärmeenergie immer interessanter geworden. Die Silotrockner werden in der Raps- oder Getreidetrocknung meist im Zwei-Tages-Rhythmus betrieben. Wie bei allen Satztrocknungen bieten Zwillingsanlagen immer den Vorteil, dass die Auslastung des Warmlufterzeugers erheblich gesteigert werden kann [3; 4].

Aktuelle Forschungsarbeiten zur Effizienzsteigerung der Dächerschacht-Satztrocknung werden an der Universität Helsinki weiterhin durchgeführt [12]. Ziel ist eine optimale Steuerung des eingesetzten Luftvolumenstroms der Trocknungsluft hinsichtlich eines energieeffizienteren Trocknungsprozesses.

Im Gegensatz zu allen Satz- und Durchlauftrocknungsverfahren, bei denen immer mit konstanten Trocknungstemperaturen gearbeitet wird, arbeitet die Lagerbelüftungstrocknung immer mit gleichbleibender relativer Luftfeuchte in der Trocknungsluft. Deshalb sollte die Regelung derartiger Anlagen immer sensorgestützt erfolgen, um einen optimalen und störungsfreien Prozess gewährleisten zu können. Die Trocknungsluft wird nur sehr gering angewärmt, dadurch dauert der Trocknungsvorgang aber in den meisten Fällen 10 bis 15 Tage. Lagerbelüftungstrocknungen lassen sich zum Teil kostengünstig in Altgebäuden unterbringen und können zu einem großen Teil in Eigenleistung erstellt werden [3, 4].

Lagerung

Für die Getreidelagerung gilt: je geringer die Investitionskosten, desto besser. Ist eine alte Gebäudehülle, z.B. eine ausgediente Bergehalle, vorhanden und noch weitgehend intakt, so ist deren Umbau zu einem Getreidelager einem Neubau vorzuziehen. Jedoch ist es unbedingt erforderlich sich vor einer Umnutzung als Getreidelager kompetent beraten zu lassen [13; 14].

Während das Trocknen und/oder Kühlen für die Lagerung von Getreide auf jeden Fall erforderlich ist, wird die Getreidereinigung gern außer Acht gelassen. Häufig wird der zugelassene Fremdbesatz von 2 % im Gut überschritten. Das Trocknen wird damit schwieriger und teurer, und das Kühlen funktioniert in vielen Fällen gar nicht mehr. Es kommt u.a. zur Brückenbildung und Bildung von Feuchtenestern. Daher ist eine Reinigung vor dem Einlagern unumgänglich. Die Firma Damas AS baut derzeit Zentrifugalsiebgeräte unter der Bezeichnung "Sigma TS". Die Zentrifugal-Reinigung sorgt gleichzeitig für eine Oberflächenpolierung des Getreides und somit das Entfernen von Keimen und Pilzsporen [15].

Belüftung und Kühlung

Um die Erntequalität zu sichern, ist es zwingend erforderlich, Getreide- und Ölsaaten schnell auf lagerstabile Verhältnisse zu bringen. Stand der Technik dafür sind vollautomatisch arbei-

tende Getreidekühlgeräte. Wird ein Getreidekühlgerät in Reihe mit einem kontrollierten Ventilator betrieben, steigt die Effektivität und verringert sich das Investitionsvolumen in die Anlagentechnik. Die Firma FrigorTec bietet solche vollautomatischen Anlagen an [16; 17].

Ein Befall mit Getreideschädlingen ist in den meisten Fällen ein Managementproblem und spricht für eine nichtfachgerechte bzw. technisch nicht ausreichende Kühlung. Der in der einschlägigen Fachliteratur geforderte Temperaturabstand von 7°C bei Kühlung mit reiner Außenluft ist leider in der Praxis nur in den seltensten Fällen gegeben. Technisch unzureichende Kühlsysteme, etwa jene mit Drainageschläuchen, benötigen für das Absenken der Ernte- bzw. Trocknungstemperatur im Endlager zu viel Zeit, sodass ein Risiko für Schädlingsbefall besteht [18].

Da Körnerfrüchte hygroskopisch sind, bildet sich zwischen dem Getreidekorn und der Kaltluft aus dem Getreidekühler ein Feuchtgleichgewicht. Um eine Befeuchtung der Schüttung zu verhindern, muss die durch die Kühlung der Prozessluft gestiegene relative Feuchte wieder abgesenkt werden. Getreidekühler von der Firma Weisshaar sind daher standardmäßig mit einem Feuchtschutz ausgestattet. Dieser beinhaltet einen Nachheiz-Kondensator, der den Kaltluftvolumenstrom wieder geringfügig erwärmt und somit die relative Feuchte unter die Gleichgewichtsfeuchte absenkt [19]. Zur sicheren und wirtschaftlichen Bereitstellung eines für die jeweilige Kühlaufgabe optimalen Kaltluftvolumenstromes verfügt ein moderner Getreidekühler über ein elektronisches Steuerungssystem [19].

Zusammenfassend hat die Kühlkonservierung folgende Vorteile:

- Schutz vor Schädlingen und Schimmelbefall
- Konservierung ohne chem. Behandlung
- Unabhängig von den Außenluftverhältnissen

Eine aktuelle Bewertung technischer und wirtschaftlicher Fakten ergibt für die Kühlkonservierung meist Amortisationszeiten von unter zwei Jahren. Somit ist die Kühlkonservierung ein natürliches und wirtschaftliches Verfahren, um die Qualität von Körnerfrüchten im Lager zu sichern [20].

Warme Lagerperioden und steigende Qualitätsanforderungen lassen den Einsatz maschineller Kühltechnik in der Lagerhaltung immer wichtiger werden. Mechanische Kühlsysteme ermöglichen eine konstante, außenluftunabhängige Temperaturführung. Dies verlängert die Lagerfähigkeit und reduziert das Risiko von Fäulnis und Lagerkrankheiten. Die EU-Gesetzgebung schreibt seit 2015 den stufenweisen Ausstieg aus der Nutzung synthetischer Kältemittel vor. Eine klimaschonende und energieeffiziente Alternative bieten natürliche Kältemittel wie Propan, Ammoniak, Butan oder Kohlendioxid [21].

Feuchtkonservierung

In einem durch die Bundesregierung geförderten Innovationsprojekt des Julius-Kühn-Instituts (JKI) wird gegenwärtig in Laborversuchen die Getreidelagerung in Foliensäcken untersucht, wobei die Vakuumlagerung mit und ohne Stickstoff verglichen wird. Weizen verschiedener

Kornfeuchte wird bis zu mehrere Jahre lang gelagert. Die Getreidequalität untersucht das Max-Rubner-Institut in Detmold [22].

Folienschläuche sind eine flexible Alternative zur ganzjährigen Lagerung von Silage und zur Zwischenlagerung von Getreide. Bei einem Einsatz des Verfahrens zur Brechung von Transportspitzen, wie es in Südamerika oft üblich ist, werden die Schläuche direkt am Feldrand mit Getreide gefüllt. Die Einlagerung von Getreide ist vor allem dann eine Alternative, wenn vor Ort keine geeigneten Lagerkapazitäten vorhanden sind, oder erheblich größere Erntemengen als erwartet vorliegen [23]. Mit Verfahrenskosten (inklusive Folie) von 6 bis 10 €/t für Getreide ist es auch eine preiswerte Alternative zur Lagerung in Hallen und Silos.

Die Firma Rottmann vermarktet weltweit Konservierungsprodukte wie "Mega Grain Liquid" für Getreide und "Mega Corn Liquid" für Körnermais. Zur Erntezeit wird das frisch geerntete Futtergetreide während der Einlagerung zweifach gereinigt und konserviert. Die Konservierungssäure "Mega Grain Liquid" hat einen pH-Wert von 5,2 und stellt kein Gefahrgut dar [24].

Zusammenfassung

Sämtliche Maßnahmen zwischen der Ernte und dem Verkauf haben das Ziel, die Preiswürdigkeit von Marktgetreide abzusichern. Dieses Ziel bedarf Methoden, die auf die natürlichen Nachreifeprozesse des Getreides reagieren und somit den Mengen- und Qualitätserhalt des Lagergutes sichern. Im Zuge von Landwirtschaft 4.0 halten nun auch moderne Sensortechnik und die obligatorische Datenverarbeitung Einzug in die Nacherntetechnik. Bevor jedoch in neue Technik investiert wird, sollte überlegt werden ob die technischen Möglichkeiten der vorhandenen Anlagen bereits ausgereizt sind.

Literatur

- [1] Schindler, M.: Getreide lagern lohnt sich wieder. Getreidemagazin 21 (2015), H. 6, S. 49-53.
- [2] Spreu, A.: Für die Ernte gerüstet. Bauernzeitung 56 (2015), H. 11, S. 38-39.
- [3] Bombien, M.: Möglichkeiten der hofeigenen Getreidetrocknung. Getreidemagazin 21 (2015), H. 2, S. 64-69.
- [4] Bombien, M.: Nicht nur heiße Luft. Bauernzeitung 57 (2016), H. 4, S. 29-31.
- [5] Spreu, A.: Das Nadelöhr ist die Trocknung. Getreidemagazin 22 (2016), H. 2, S. 76-79.
- [6] Spreu, A.: Mehr Kapazität. Bauernzeitung 56 (2015), H. 26, S. 32-33.
- [7] MÜH.: Trocknung mit Köpfchen. Schüttgut 22 (2016), H. 1, S. 14-15.
- [8] Profibus Nutzerorganisation e.V.: Wenn Industrie 4.0 auf Getreide trifft. Schüttgut 22 (2016), H. 1, S. 16-18.
- [9] Schütz, S.: Projektierung und Installation von Trocknungsanlagen. Mühle + Mischfutter 152 (2015), H. 5, S. 149-151.
- [10] Mühlbauer, J.: Stationäre Trocknungsanlagen mit „Biturbo“-Technologie. Mühle + Mischfutter 152 (2015) H. 5, S. 145.

- [11] Scaar, H.; Franke, G.; Weigler, F.; Delele, M.; Tsotsas, E.; Mellmann, J.: Experimental and numerical study of the airflow distribution in mixed-flow grain dryers. *Drying Technology* 34 (2016), H. 5, pp. 595-607.
- [12] Jokiniemi, T.; Oksanen, T.; Ahokas, J.: Continuous air flow rate control in a recirculating batch grain dryer. *Agronomy Research* 13 (2015), H. 1, pp. 89-94.
- [13] Spreu, A.: Hafer statt Heu. *Bauernzeitung* 57 (2016), H. 4, S. 32-33.
- [14] Felke, M.: Getreidelager für die neue Ernte vorbereiten. *Getreidemagazin* 21 (2015), H. 3, S. 48-51.
- [15] Heidkamp, F.: Reinigen von Getreide. *Mühle + Mischfutter* 152 (2015), H. 5, S. 141.
- [16] Kolb, R.E.: Die Invasion vorratsschädlicher Käfer wächst weiter. *Mühle + Mischfutter* 153 (2016), H. 10, S. 344-345.
- [17] Kolb, R.E.: Qualitätssicherung von Getreide und Ölsaaten wird immer wichtiger. *Mühle + Mischfutter* 152 (2015), H. 5, S. 138-139.
- [18] Spreu, A.: Das Leben schwer machen. *Bauernzeitung* 56 (2015), H. 4, S. 26-28.
- [19] Raven, S.: Optimale Lagerhaltung durch Kühlkonservierung. *Mühle + Mischfutter* 152 (2015), H. 5, S. 142.
- [20] Kolb, R.E.: Qualitätssicherung von Getreide und Ölsaaten im Lager. *Mühle + Mischfutter* 152 (2015), H. 23, S. 767.
- [21] Servos, M.: Gut gekühlt. *agrarmanager* (2015) Dezember, S. 70-73.
- [22] Adler, C.: Keine Käfer. *Bauernzeitung* 56 (2015), H. 4, S. 29.
- [23] Maack, G.C.: Körner und Silage luftdicht verpackt. *Bauernzeitung* 57 (2016), H. 4, S. 34-35.
- [24] Rottmann, T.: Anwenderfreundliche Mittel zur Getreidekonservierung. *Mühle + Mischfutter* 153 (2016), H. 10, S. 334.

Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

Wissenschaftliches Review / Scientific Review

Erfolgreiches Review am 13.02.2017

Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Mellmann, Jochen; Weigler, Fabian: Körnerkonservierung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2016*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2017. S. 1-8

Zitierfähige URL / Citable URL

<http://publikationsserver.tu-braunschweig.de/get/64182>

Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/289.html>
