

Philipp Mümken, Joachim Baumgarten und Stefan Böttinger

# Grundlagen zum Tangentialdreschwerk – Mathematische Beschreibung des Dreschspaltverlaufs

Aufgrund weiterhin steigender Anforderungen an Schlagkraft und Erntequalität im Mähdrusch ist eine Weiterentwicklung der Funktionsbaugruppen erforderlich. Das Tangentialdreschwerk, welches sowohl im konventionellen Mähdrescherkonzept als auch bei Hybridsystemen eingesetzt wird, zeichnet sich durch eine hohe Bauraum- und Energieeffizienz aus. Bei Tangentialdreschwerken wird die Einstellung des Dreschspaltes im allgemeinen über ein bis zwei Parameter bestimmt, was für eine exakte Beschreibung der Dreschkorbposition zur Analyse der Druschfunktion nicht ausreichend ist. Mit der vorgestellten mathematischen Beschreibung des Dreschspaltverlaufs über der Abscheidelänge ist eine genauere Untersuchung insbesondere von Mehrtrommeldreschwerken möglich. Auf dieser Grundlage sollen weitere experimentelle Untersuchungen aufgebaut werden.

## Schlüsselwörter

Mähdrescher, Tangentialdreschwerk, Dreschkorb, Dreschspalt

## Keywords

Combine harvester, tangential threshing device, concave, concave clearance

## Abstract

Mümken, Philipp; Baumgarten, Joachim and Böttinger, Stefan

Basics for tangential threshing devices – mathematical description of the curve characteristic of the concave clearance

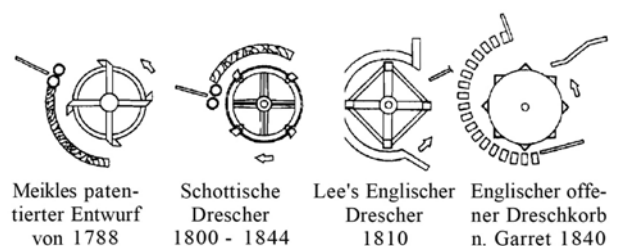
Landtechnik 67 (2012), no. 1, pp. 26–30, 5 figures, 8 references

The demands on throughput and harvesting quality of combine harvesters are still growing, so that improvements of the functional components are necessary. The tangential threshing device, which is used in conventional and hybrid combine concepts, is known for its high installation space and energy efficiency. Mostly there are just one or two parameters for adjusting the concave clearance of tangential threshing devices which is not adequate for describing the position of the concave and the analysis of the threshing

process. With the mathematical description of the curve characteristic over the separation length it is possible to analyze especially multi-drum threshing devices, which is basis for further experimental research.

Das Wirkprinzip des Tangentialdreschwerks ist seit der Erfindung im Jahre 1788 in Schottland annähernd unverändert im Einsatz (**Abbildung 1**). Von dem Schrägförderer wird das Erntegut den Dreschorganen zugeführt. Durch eine Kombination aus Schlagen und Reiben werden die Körner aus dem Fruchtstand gelöst und am Dresch- bzw. Abscheidekorb abgeschieden. Das Stroh mit den verbliebenen gelösten Körnern wird mittels aktiver Leiteinrichtungen der Restkornabscheidung zugeführt.

Abb. 1



Entwicklung der schottischen und britischen Tangentialdreschwerke [1]

Fig. 1: Development of the Scottish and British threshing devices [1]

Der Funktionsvollzug des Dreschwerks ist neben der konstruktiven Ausführung sehr stark von den Betriebsparametern Umfangsgeschwindigkeit und Korbweite abhängig.

Für das Eintrommeldreschwerk gibt es viele Untersuchungen zu den Konstruktions- und den Betriebsparametern. Mit steigender Trommelzahl steigt die Anzahl dieser Parameter erheblich an, sodass nicht alle Fragen in der Dreschwerksentwicklung beantwortet und weitere Grundlagenuntersuchungen unter anderem mit dem Schwerpunkt der Dreschkorbeinstellung erforderlich sind.

### Stand der Forschung

Bisherige Untersuchungen zum Themenbereich des Tangentialdreschwerks hatten weitestgehend die Erhöhung des Durchsatzes bei gleichbleibender Abscheideeffizienz, Qualität und verringertem erforderlichen Energiebedarf zum Ziel.

Neben verschiedenen Dreschtrommelausführungen, -durchmessern und -positionen wurden in der Vergangenheit unter anderem die Erntegutzuführung, der Aufbau und Umschlingungswinkel des Dreschkorbes sowie die Anzahl der Trommeln erforscht. Des Weiteren wurden unterschiedlichste Bedingungen sowohl in Labor- als auch in Feldversuchen mit verschiedenen Einstellungen untersucht.

Als Grundlage für weitere Untersuchungen werden beispielhaft für die Forschung an Ein- und Mehrtrommeldreschwerken hier Literaturstellen aufgeführt, die sich mit dem Einfluss der Einstellung und Gestaltung des Dreschkorbes beschäftigen.

Arnold [2] analysiert verschiedene Einflussgrößen auf das Dreschwerk. Unter anderem variiert er das Verhältnis von Ein- und Ausgangsspalt von verengend bis aufweitend. Caspers [3] beleuchtet ebenfalls bei der Untersuchung der Abscheidefunktion des Dreschkorbes das Spaltweitenverhältnis von verengend bis parallel. Beide kommen zu dem Ergebnis, dass durch die Einstellung des Dreschkorbes die Abscheidung und der Ausdrusch maßgeblich beeinflusst werden. Kleine und enge Spaltweiten erzielen einen hohen Ausdrusch und eine hohe Abscheidung, führen aber auch zu einem höheren Bruchkornanteil. Daher wird empfohlen, bereits im Einzugsbereich mit engen Spaltweiten zu arbeiten, um durch eine hohe Abscheidung einen Großteil der Körner einer weiteren Schlagbeanspruchung zu entziehen.

Paulitz [4] erstellt eine Methode zur modellhaften Abbildung des Druschprozesses und dessen Optimierung. In experimentellen Untersuchungen überprüft und gleicht er sie ab. Der Dreschkorb wird hier hinsichtlich maximaler Korbabscheideintensität, minimaler NKB-Abscheidung, minimaler Kornbeschädigung und minimalem Energieaufwand optimiert. Neben den Konstruktionsparametern des Dreschkorbes werden die Dreschspaltweite und die Dreschtrommelumfangsgeschwindigkeit untersucht. Grundlage hierfür ist die mathematische Beschreibung des Dreschspaltverlaufs über der Abscheidelänge, allerdings nur für das Eintrommeldreschwerk und den radialen Bereich, sodass der Ein- und Auslaufbereich des Dreschkorbes unberücksichtigt bleiben.

Regge [5] greift unter anderem diese Untersuchungen auf, wertet sie weiter aus und gibt z. T. detailliertere Konstruktionsempfehlungen. Auch er stellt die Berechnung des Dreschspalts dar, die für den radialen Teil auf der Verwendung des Kosinussatzes beruht.

Mit der Forderung nach höheren Durchsätzen wurde das konventionelle Eintrommelschlagleistendreschwerk durch weitere vor- oder nachgeschaltete Trommeln ergänzt. Infolge einer größeren Abscheidefläche, einen gleichmäßigerem Einzug und der verstärkten Nutzung von Zentrifugalkräften konnte eine deutliche Intensivierung der Abscheidung erreicht werden.

Bei den Untersuchungen von Heidler [6] liegt der Schwerpunkt in der Gestaltung des Übergangsbereiches von Dresch zur Abscheidetrommel. Es werden verschiedene Übergangswinkel und verschiedene Korbformen betrachtet. Ziel war unter anderem eine Abscheidung im rechenartigen Übergang zu erzielen.

Büermann [7] untersucht die optimale Anordnung von Dresch- und Strohleittrommel, den Übergang von Schrägförderer zur Dreschtrommel sowie eine zusätzliche Vorbeschleunigertrommel und deren Positionierung. Die Dreschkorbeinstellung wurde jedoch wie bei Heidler nicht verändert.

Die aktuellsten Untersuchungen zum Themenbereich Tangential- bzw. Mehrtrommeldreschwerk sind von Nguyen [8], der zwei Dreschtrommeln nacheinander geschaltet hat und beide tangential beschickt, sodass sich ein S-förmiger Gutfluss ergibt. So konnte die Abscheidelänge ohne eine starke Gutumlenkung deutlich erhöht werden.

Nach der Betrachtung der Literatur kann zusammengefasst werden, dass die Dreschkorbeinstellung zwar für das Eintrommeldreschwerk, nicht jedoch für das Mehrtrommeldreschwerk umfassend (oder hinreichend) untersucht wurde. Die Beschreibung des Dreschspaltes ist für Einzelbereiche erfolgt, allerdings nicht für das gesamte Mehrtrommeldreschwerk.

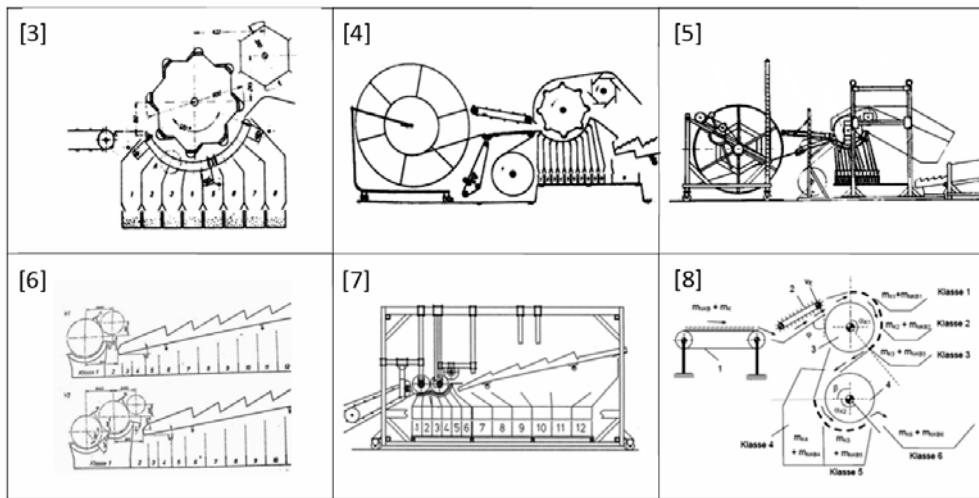
**Abbildung 2** zeigt eine Übersicht der Versuchsstände der angesprochenen Literaturquellen.

### Dreschspaltfunktion

Das Erntegut erfährt im Ein- und Auslaufbereich des Dreschkorbes sowie im Übergangsbereich eine intensive Beanspruchung. Daher ist eine genauere Betrachtung dieser Bereiche erforderlich. Im Eingangsbereich verengt sich der Dreschspalt sehr stark, sodass eine hohe Verdichtung und Beschleunigung des Erntegutes entsteht. Im Auslaufbereich weitet sich der Dreschkorb meistens als tangentielle Korbfortführung wieder auf und der Gutstrahl fächert leicht auf und trifft die folgende Trommel.

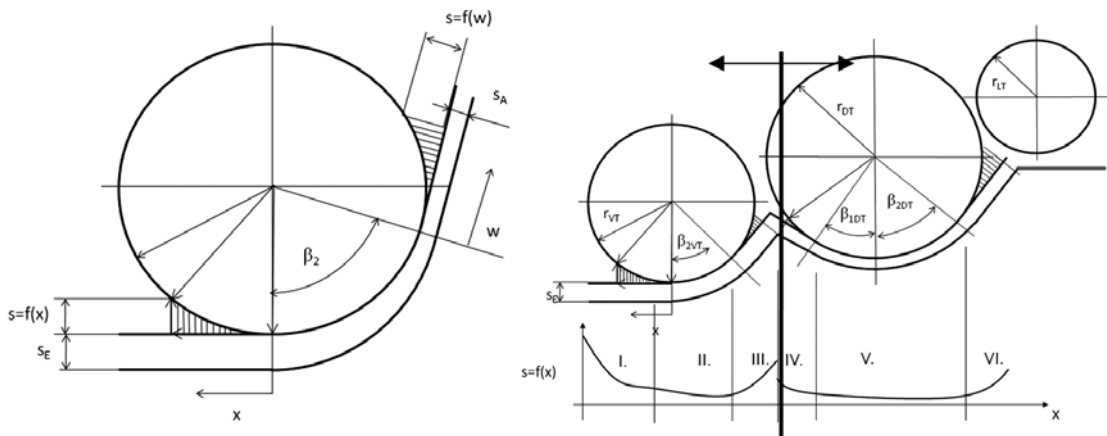
Löst man sich von dem Ziel, dem Bediener eine möglichst einfache Einstellung des Dreschkorbes mit einem oder zwei Parametern zu ermöglichen, ist eine deutlich aufwendigere Beschreibung der Dreschkorbeinstellung und damit des Dreschspaltverlaufs erforderlich. Hervorgerufen durch die konstanten Radien von Korb und Trommel entstehen stark nicht-lineare Dreschspaltweitenverläufe bei unterschiedlichen Ein-

Abb. 2



Übersicht der Versuchstände  
Fig. 2: Overview of the test rigs

Abb. 3



Dreschspaltverlauf bei einem Eintrommeldreschwerk (links) und die schematische Darstellung der Dreschspaltfunktion bei einem Mehrtrommeldreschwerk (rechts)  
Fig. 3: Concave clearance at a single-drum-threshing devices (left) and the schematic function of the concave clearance at an multi-drum-threshing device (right)

stellungen. Eine Darstellung der Dreschkorbeneinstellung durch Angabe der Ein- und Auslaufspaltweite ist zur Analyse des Dreschprozesses daher nicht ausreichend, sodass für die weiteren Untersuchungen eine Dreschspaltfunktion genutzt werden soll. Diese ermöglicht eine exakte Beschreibung des Dreschspaltverlaufs über der Abscheidelänge.

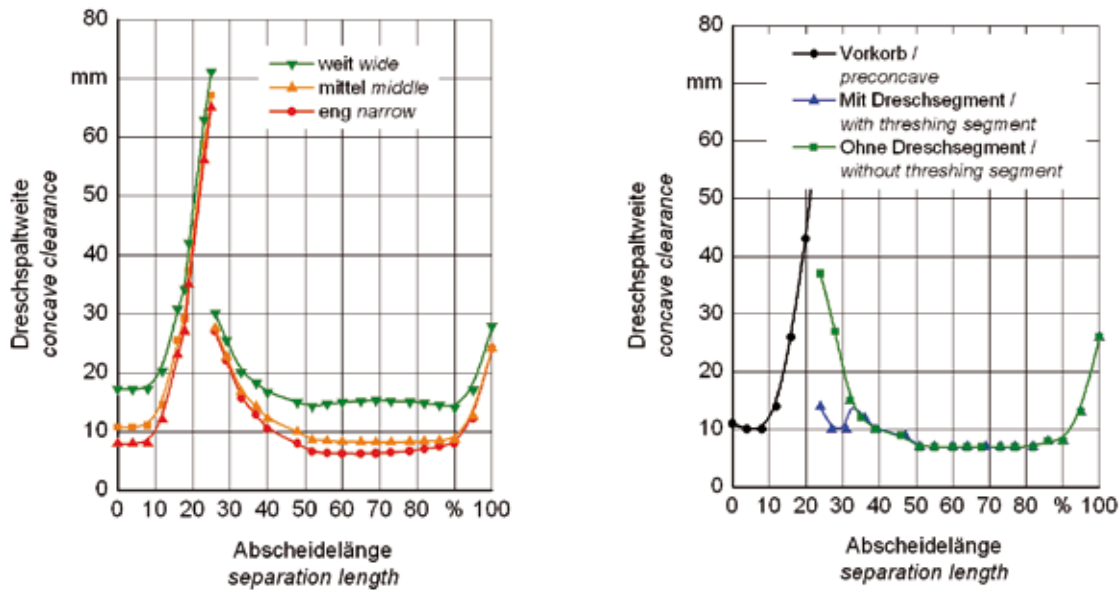
Erweitert man die Berechnung von Regge [5] um den Ein- und Auslaufbereich, so erhält man den in **Abbildung 3 (links)** prinzipiell dargestellten Verlauf für ein Eintrommeldreschwerk. Hierbei stellt der Kreis den Umfang der Dreschtrommel und der darunterliegende Kreisbogen mit Ein- und Auslauf den Dreschkorb dar.

Überträgt man die Verhältnisse auf das Mehrtrommeldreschwerk, so erhält man den in **Abbildung 3 (rechts)** dargestellten prinzipiellen Verlauf.

In Abschnitt I. (Einlaufbereich Vorkorb) entsteht eine starke Verengung. Abschnitt II. ist der radiale Korbbereich, der je nach Einstellung verengend, parallel oder aufweitend verläuft. Abschnitt III. ist der Auslaufbereich der Vortrommel und weitet sich wieder stark auf. Die Übergangsstelle zwischen III. und IV. kennzeichnet die Gutumlenkung und verursacht eine Unstetigkeitsstelle in der mathematischen Beschreibung der Dreschspaltfunktion. Danach folgen die Abschnitte für den Hauptkorb.

In **Abbildung 4** ist in zwei Diagrammen der Verlauf der Dreschspaltfunktion für unterschiedliche Einstellungen dargestellt. Auf der linken Seite sind drei verschiedene Dreschspalteinstellungen mit unterschiedlichem Verlauf der Dreschspaltweite aufgezeigt. Während bei geringer Dreschspalteinstellung (8 mm) dieser sich bis zur Mitte des Hauptkorbs, d.h. 60 % der

Abb. 4



Dreschspaltfunktion – Vergleich zwischen verschiedenen Einstellungen (links) und Einfluss von zusätzlichen Elementen (Dreschsegment rechts)

Fig. 4: Function of concave clearance - Comparison of different adjustments (left) and using the threshing segment (right)

Abscheidelänge weiter verengt und anschließend wieder aufweitet, ist bei der weiten Einstellung (15 mm) ein annähernd paralleler Verlauf (ebenfalls bis zur Mitte des Hauptkorbes) zu erkennen. Ab ca. 65 % entsteht auch hier eine leichte Verengung des Dreschspaltes, welcher sich bei 90 % im Korbauslaufbereich wieder stark aufweitet.

Im rechten Diagramm ist der Einfluss des Dreschsegments, einer zusätzlichen Reibfläche mit Geometrieänderung zur Verbesserung des Ausdrusches, dargestellt. Sie wird im Übergangsbereich zwischen Vor- und Hauptkorb montiert und verringert den Abstand zwischen Trommel und Korb deutlich. Zudem wird der Verlauf des Dreschspaltes gerade im Eingangsbereich des Hauptkorbes erheblich beeinflusst, was vermutlich Ausdrusch, Abscheidung und Bruchkornentstehung verändert.

Nutzt man die Dreschspaltfunktion als Grundlage, sind weitere Möglichkeiten zur Analyse des Druschprozesses gegeben. Durch Differenzieren erhält man die Steigung und damit eine Maß für das Aufweiten oder Verengen des Dreschkorbes. Mit der Integration kann die Fläche zwischen Trommel und Korb bestimmt werden.

### Dreschkorbverstellmechanismus

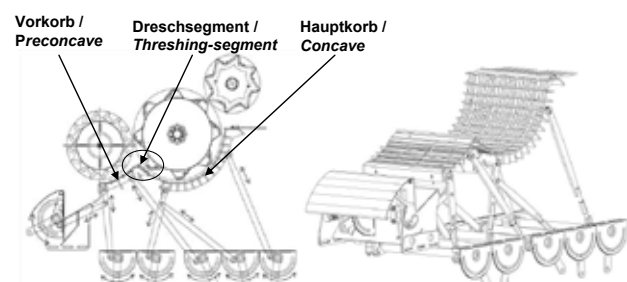
Zur gezielten Einstellung der Dreschspaltfunktion bzw. des Dreschspaltvolumens ist eine Erweiterung der heute üblichen Verstellparameter erforderlich. Für einen neuen Grundlagenprüfstand wurde daher eine Dreschkorbverstellung, die eine separate Einstellung von Vor- und Hauptkorb ermöglicht, konzipiert und umgesetzt. Des Weiteren sind der Eingangs- und Ausgangsspalt sowie die Anordnung der Körbe in Längsrich-

tung unabhängig voneinander einstellbar, wie in **Abbildung 5** dargestellt.

Der Vor- und Hauptkorb ist auf jeder Seite jeweils mit zwei Streben abgestützt und wird in Längsrichtung mit weiteren Streben gehalten. Durch die im unteren Bereich angebrachten Hebel ist eine Verstellung der Korbteile in drei Freiheitsgraden möglich. Mit der unabhängigen Einstellung von Vor- und Hauptkorb ist die Verstellung des Dreschspaltverlaufs erreichbar. Er kann für Vor- und Hauptkorb ebenfalls unabhängig voneinander verengend, parallel oder aufweitend verlaufen.

Damit ist die Basis für einen neuen Prüfstand geschaffen, mit dem die DreschkorbEinstellung variabel gestaltet ist, um Optimierungspotenzial durch die DreschkorbEinstellung aufzudecken.

Abb. 5



Verstellmechanismus des Dreschkorbes mit drei Freiheitsgraden für jeden Korb des neuen Versuchsstandes

Fig. 5: Concave adjustment with three degrees of freedom for each concave of the new test rig

### Schlussfolgerungen

Das Tangentialdreschwerk war und ist immer noch eine zentrale Baugruppe im modernen Mähdrescherkonzept. Aufgrund dieser Ausgangssituation und Lücken in den bisherigen Grundlagenforschungen zu Mehrtrommeldreschwerken sind weitere Untersuchungen mit dem Themenschwerpunkt der Dreschkorb-einstellung sowie den Dreschkorbübergängen erforderlich.

Bei einem Mehrtrommeldreschwerk ist die Beschreibung der Korbeinstellung nur mit Eingangss- und Ausgangsspalt sowie des Korbradius nicht ausreichend, sodass in der Literatur bereits der Dreschspaltverlauf für Eintrommeldreschwerke aufgezeigt wurde. Die Darstellung beschränkte sich hierbei allerdings auf den radialen Teil des Dreschkorbs und der Ein- und Auslaufbereich wurde nicht aufgetragen. Daher ist die Kombination aus radialem Teil und Korbübergängen in Form der Dreschspaltfunktion die Grundlage für die weiteren Untersuchungen zum Thema Tangentialdreschwerk.

Zur gezielten Einstellung des Dreschkorbs im Labor wird ein neuartiger Verstellmechanismus verwendet, der die separate Einstellung von Vor- und Hauptkorb mit jeweils drei Freiheitsgraden ermöglicht. Damit kann gezielt die Dreschspaltfunktion und insbesondere unterschiedliche Dreschspaltverläufe eingestellt bzw. beeinflusst werden.

Die Grundlagen für eine Fortführung der experimentellen Untersuchungen am Tangentialdreschwerk sind somit geschaffen.

### Literatur

- [1] Söhne, W. (1990): Geschichte des Instituts für Landmaschinen der TU München und Entwicklung der Landtechnischen Institute in der Bundesrepublik Institut für Landmaschinen Technische Universität S. 9
- [2] Arnold, R. E. (1964): Die Bedeutung einiger Einflussgrößen auf die Arbeit der Schlagleistentrommel Grundlagen. Landtechnik 21, S. 22-26
- [3] Caspers, L. (1966): Einfluss von Spaltweite, Spalt- und Korbform auf den Dreschvorgang Grundlagen Landtechnik Bd. 16 (6), S. 220-228
- [4] Paulitz, J. (1978): Eine Methode zur Modellsynthese und Optimierung der Abscheideprozesse am Dreschkorb einer Schlagleistendrescheinrichtung Dissertation TU Dresden (Selbstverlag), unveröffentlicht
- [5] Regge, H. (1984): Wissenschaftliche Grundlagen den Entkörnen von Korn-Stroh-Trennens von Getreidekulturen mittels Schlagleisten-Drescheinrichtung Dissertation TU Dresden (Selbstverlag), unveröffentlicht
- [6] Heidler, K. (1979): Beitrag zur Untersuchung einer Zweitrommel-Dresch-Abscheideeinrichtung und ihrer Auswirkungen auf den Schüttler Dissertation TU Dresden (Selbstverlag), unveröffentlicht
- [7] Büermann, M. (1996): Untersuchungen zum Einfluss der geometrischen Zuordnung der Förder- und Trennelemente auf das Abscheideverhalten von Tangentialdreschwerken Dissertation Universität Hohenheim VDI Fortschritt Berichte Nr. 78 Reihe 14
- [8] Nguyen, T. X. (2008): Grundlagenuntersuchungen zur Kombination von zwei Tangentialdreschwerken mit tangentialer Beschickung Dissertation TU Dresden (Selbstverlag)

### Autoren

**Dipl.-Ing. Philipp Mümken** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Grundlagen der Agrartechnik (Leitung **Prof. Dr.-Ing. S Böttiger**), Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart, E-Mail: philipp.muemken@uni-hohenheim.de

**Dr.-Ing. Joachim Baumgarten**, CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH Harsewinkel

### Danksagung

Das Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim dankt dem Projektpartner CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH Harsewinkel, Abteilung Vorentwicklung Mähdrescher für die Unterstützung in der Fertigung und Finanzierung.