



Rationalisierungs-Kuratorium
für Landwirtschaft

Bruchkorn-Verlust- verhalten von Mähdreschern



Prof. Dr. Thomas Rademacher

Bruchkorn-Verlustverhalten von Mähdreschern

August 2011

Prof. Dr. agr. Thomas Rademacher, Fachhochschule Bingen, Fachbereich 1, Agrarwirtschaft, Berlinstraße 109, 55411 Bingen Budesheim, Tel.: 06721/409177, Email: rademacher@FH-Bingen.de

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL e.K.)

Inhaber: Albert Spreu

Am Kamp 15-17, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-708110, Fax: 04331-7081120

Internet: www.rkl-info.de; Email: mail@rkl-info.de

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiges Beratungsunternehmen mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

Gliederung	Seite
1. Einleitung	835
2. Kornqualität bei der Ernte	836
3. Bruchkornanteile schätzen, von Hand selektieren oder sieben?	838
4. Beeinflussung des Bruchkornanteils durch den Mähdrescher	842
5. Wie viel gebrochenes Korn liegt hinter dem Mähdrescher?	844
6. Körnerbruch bei Raps	850
7. Welche Tipps lassen sich für die Ernte ableiten?	853
8. Zusammenfassung	857
9. Literatur	858

1. Einleitung

Die Druschfruchternte wird mit den unterschiedlichsten Mähdreschern und Dresch- und Abscheidesystemen eingebracht, die alle ihre spezifischen Vor- und Nachteile aufweisen. Die Arbeitsqualität bereits während der Ernte richtig beurteilen und den Mähdrescher passend einstellen, ist einerseits keine einfache Aufgabe. Andererseits wird die Arbeitsqualität oft unterschiedlich gemessen, so dass sich Untersuchungsergebnisse nicht direkt vergleichen lassen.

Die Kornqualität wird in der Ernte meistens visuell geschätzt und danach wird der Mähdrescher entsprechend eingestellt. Doch was ist unter Kornqualität zu verstehen und wie sind die Grenzwerte der jeweiligen Kennwerte gesetzt bzw. ab welchen Schwellwerten ist mit Abzügen zu rechnen? Da ist zunächst die innere Qualität, die vor allem bei Brot- und Malzgetreide eine große Rolle spielt. Darauf soll hier nicht näher eingegangen werden, u. a. weil sich die Grenzwerte für z. B. die Fallzahl jährlich ändern. So sei hier nicht unerwähnt, dass in der Ernte 2010 Weizenchargen mit 160er, ja sogar noch 140er Fallzahlen als Brotweizen gehandelt wurden, während in normalen Ernten der Fallzahlgrenzwert bei Weizen 230 s beträgt. Denn Brotweizen war 2010 aufgrund der Witterung knapp. Die inneren Qualitäten werden im Labor gemessen.

Die äußere Qualität sind der Besatz an Nicht-Korn-Bestandteilen (NKB) und der Bruchkorn- sowie der Kümmerkornanteil (Schmacktkornanteil) und Kennwerte wie Fremdgetreide, Auswuchs, Schädlingsfraß und Schwarzbesatz. Alle Qualitätskriterien und die jeweiligen Abzüge bei Überschreitung von Grenzwerten sind in den Interventionsrichtlinien der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung exakt festgelegt und ansonsten natürlich zwischen Landwirt und Händler verhandelbar. Problematisch ist jedoch, dass die Kornqualität meist mit verschiedenen Methoden bestimmt oder oft nur geschätzt wird. Dies ist dann oft eine Grundlage von Diskussio-

nen über Mähdrescher und Druschsysteme sowie deren Einstellung, die aber nicht exakt nachvollziehbar ist.

Mähdrescher verursachen beim Dreschprozess je nach Fruchtbeschaffenheit, Druschsystem, Durchsatz sowie vor allem Einstellung unterschiedliche Anteile an gebrochenem Korn. Dieser sogenannte Bruchkornanteil wird jedoch nur aus einer Probe des geernteten Kornes ermittelt; die gebrochenen Körner und Mehlanteile in den Verlusten auf dem Feld werden vernachlässigt, weil sie ohne größeren Aufwand nicht messbar sind. Daher stellt sich u. a. die Frage, wie hoch der Anteil dieses gebrochenen Kornes in den Körnerverlusten ist. Denn dieses Kriterium wird zwar einerseits für die Wirtschaftlichkeitskalkulation von Mähdreschern genutzt, andererseits geht man hier jedoch von Schätzwerten aus, die häufig nicht der Realität entsprechen.

Ziel dieser Schrift ist es, auf die gestellten Fragen einige Antworten zu geben, um daraus Empfehlungen für die Mähdreschereinstellung und -nutzung bei der Erntearbeit abzuleiten - denn je nach jahresbedingter Situation lassen sich unterschiedliche Einsatzstrategien ableiten. Dazu werden einige Sachverhalte, die im Rahmen von Bachelor- und Projektarbeiten sowie einer Masterarbeit an der FH-Bingen erarbeitet wurden, dargestellt.

2. Kornqualität bei der Ernte

Um möglichst geringe Abzüge, ja eventuell sogar noch einen Bonus zu erhalten, maximiert der Lohnunternehmer oder Landwirt die Mähdreschereinstellung. Ziel ist es, bei möglichst niedrigen Körnerverlusten die Druschleistung zu maximieren und den Bruchkorn- und NKB-Anteil im Korn zu minimieren. Dabei gilt: Je schärfer man drischt, desto höher sind die Kornabscheidung und somit der Durchsatz sowie das Hektolitergewicht, weil weniger leichte Nicht-Korn-Bestandteile (Spelzen, Grannen) an den Körnern haften. Gleichzeitig nimmt aber auch der Bruchkornanteil zu (Abb. 1). Es gilt hier also immer, das Optimum zu finden, was nicht ganz einfach ist, da es viele Stellhebel gibt.

Doch wie sind Bruchkorn- und NKB-Anteile definiert und welche Einflussgrößen gibt es sonst noch? Nach der BLE Probenahmebestimmung [2] wird eine Probenmasse von 250 g gereinigt und daraus werden mit einem Probenteiler Teilproben von 50 bis 100 g abgeteilt und daraus der Bruchkornanteil erfasst. Der Bruchkornanteil wird exakt ermittelt, indem aus einer Kornprobe mit einer Masse von 100 g alle gebrochenen Körner und Bruchstücke von Hand mit der Pinzette ausgelesen und verwogen werden. Dies ist derzeit die exakteste Methode, weil technische Systeme wie z. B. die Bildanalyse die Körner nicht von allen Seiten betrachten können. Nach wie vor praktizieren die LUFA-Labore dies so. Die Analyse kostet natürlich Zeit und ist entspre-

chend teuer. Daher wird dieser „Labor-Bruchkornanteil“ bei der Getreideannahme vom Handel in der Regel nicht gemessen – dies wäre einfach nicht leist- und bezahlbar.

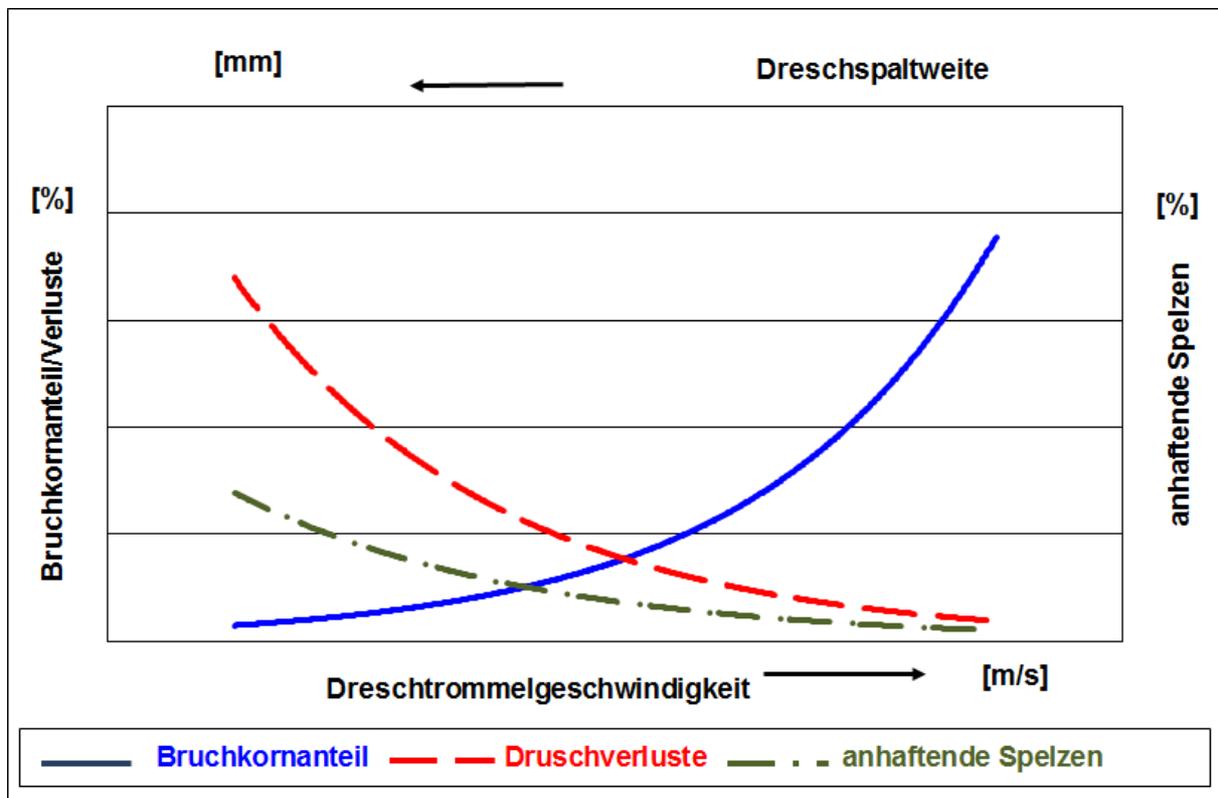


Abb. 1: Bruchkornanteil, Ausdruschverluste und anhaftende Spelzen in Abhängigkeit von der Druschintensität – je enger die Dreschspaltweite und je höher die Dreschtrommeldrehzahl, desto schärfer ist der Drusch

Der Handel analysiert seine Getreideproben – wenn keine Laboranalyse durch eine LUFA vorgesehen ist – mit Hilfe eines Probenreinigers. Dieser scheidet leichte NKB durch Windsichtung ab, drischt je nach Einstellung noch anhaftende NKB (Spelzen, Grannen) ab, die ebenfalls per Windsichtung selektiert werden, und sortiert je nach Siebgrößen. Er kann keine Bruchstücke und angebrochene Körner exakt von den übrigen Körnern trennen. Dies kann auch kein Trieur vollständig erreichen, weshalb sich auch im Saatgut immer wieder einige Bruchstücke befinden können.

Der Reiniger des Handels sibt also den Bruch- und Kümmerkornanteil aus. Je nach Siebgröße werden so die Kümmerkörner und Bruchstücke von der Restprobe getrennt. Größere Bruchstücke, deren Durchmesser größer ist als der gewählte Sieböffnungsdurchmesser, verbleiben jedoch in der größeren Fraktion und werden demzufolge nicht als Bruchkorn erfasst. Der Parameter „Bruch- und Kümmerkornanteil“ wird vom Handel erfasst, weil er ein Kriterium für die Bezahlung einer Getreidecharge ist.

3. Bruchkornanteile schätzen, von Hand selektieren oder sieben?

„Als Bruchkorn gelten alle Körner, bei denen Teile des Endosperms freiliegen. Hierunter fallen auch angeschlagene Körner und Körner mit ausgeschlagenen Keimlingen“, so lautet die Definition der BLE [2]. Die meisten Landwirte schätzen den Bruchkornanteil einer Getreideprobe und stellen danach den Mähdrescher ein. Erfahrungsgemäß ist eine Schätzung je nach Kenntnis des Schätzers recht ungenau. Denn neben der Erfahrung des Schätzers hat vor allem die Beschaffenheit der Kornprobe einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis. So wird der Bruchkornanteil von Kornproben mit hohen Kümmerkornanteilen meistens unterschätzt, weil die Bruchstellen an den Rückenfurchen der Kümmerkörner aufgrund des nur mangelhaft ausgeprägten Mehlkörpers und des demzufolge geringen Farbkontrastes kaum erkannt werden. Hier kann auch kein Sensor Abhilfe schaffen, wenn kein Farbkontrast vorhanden ist [10]. Einen Vergleich von Bruchkornschätzungen zu den tatsächlichen Bruchkornanteilen von 72 Kornproben verschiedener Getreidearten und Partien zeigt Abb. 2.

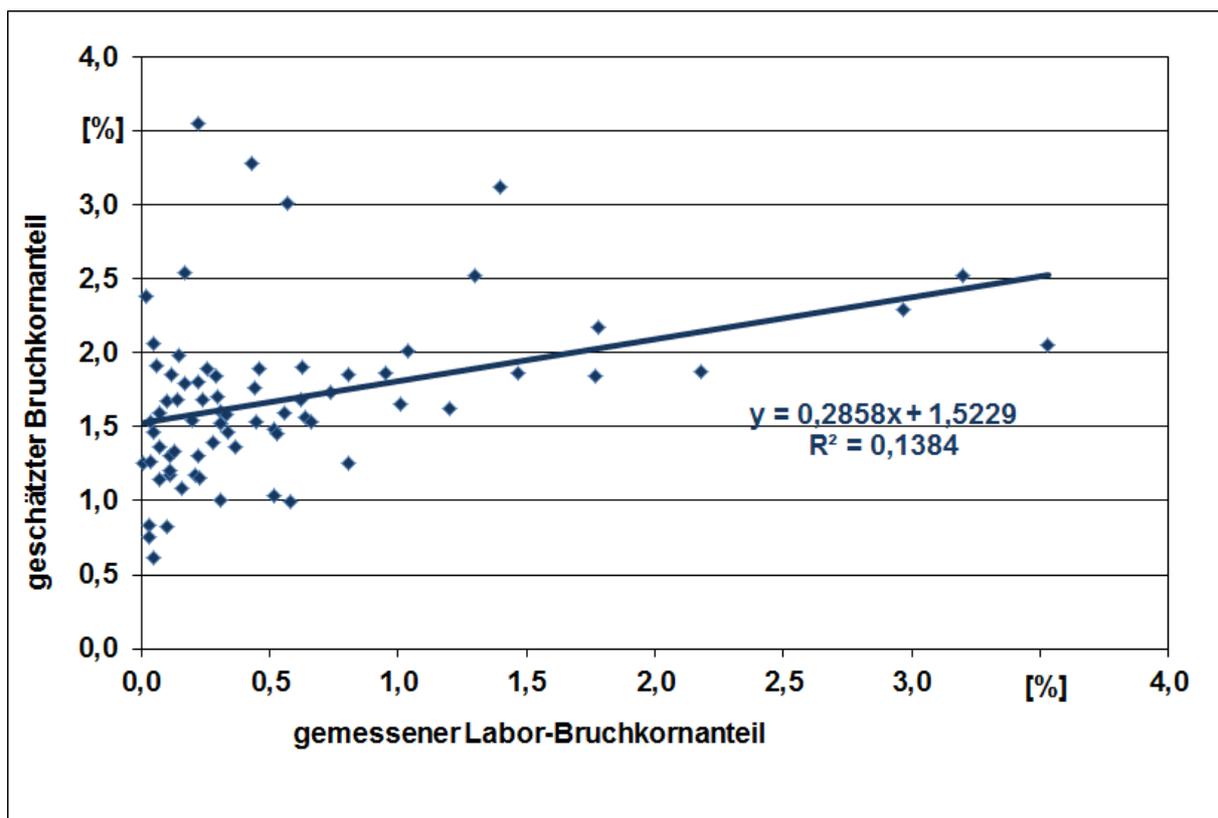


Abb. 2: Von Landwirten geschätzter Bruchkornanteil über dem tatsächlichen Bruchkornanteil von 72 verschiedenen Kornproben (Gerste, Weizen, Roggen, Triticale) während der Ernte 2010 mit einem Schüttler-Mähdrescher mit Beschleuniger-Dreschwerk [nach: 1]

Die Auswertung zeigt deutlich, dass eine genaue Schätzung des tatsächlichen Bruchkornanteils von Kornproben während der Ernte nicht stattfindet. Zu jeder Korn-

probe hat der jeweilige Kunde eines Lohnbetriebes eine Schätzung vorgenommen. Nach der Ernte wurden die Original-Proben im Labor ohne Vorbehandlung/Siebfraktionierung auf ihren tatsächlichen Bruchkornanteil untersucht. Im Bereich zwischen 0 und 1 % gemessenem Bruchkornanteil zeigen sich deutliche Über- und Unterschätzungen. Über 1 % Bruchkornanteil nimmt die Schätzgenauigkeit zu.

Auffallend ist das insgesamt geringe Bruchkornniveau, welches gegen das Image von Schüttlermaschinen spricht. Diese Mähdrescher sollen hohe Bruchkornanteile erzeugen, jedoch betrug der Bruchkornanteil gerade mal bei 2 von 72 Proben mehr als 3 %, was laut BLE [3] zu einem Preisabzug von bis zu 0,25 €/t Weizen geführt hätte. Der größte Teil der Proben - insgesamt 46 Stück - zeichnet sich durch einen Bruchkornanteil von weniger als 0,5 % aus, was sicherlich auch ein Indiz für die Qualität des Fahrers ist, der einzig und allein die Maschine fuhr und einstellte.

Daher liegt es nahe, den Bruchkornanteil bei der Ernte im Feld zu analysieren, statt zu schätzen. Da eine Laboranalyse (Handselektion) im Feld aus zeitlichen Gründen nicht möglich ist, verbleibt die Siebung von Getreideproben, wie dies auch der Handel bei der Getreideannahme realisiert. Dazu dienen eine einfache Schüttelsiebbox mit verschiedenen Sieböffnungsweiten gemäß BLE [3,14] und eine Waage (Abb. 3). Die Siebe sind als Schubladen ausgeführt und der obere Teil mit diesen Schubladen ist gegenüber dem unteren seitlich beweglich, so dass durch Schütteln eine Schnellanalyse im Feld durchgeführt werden kann.

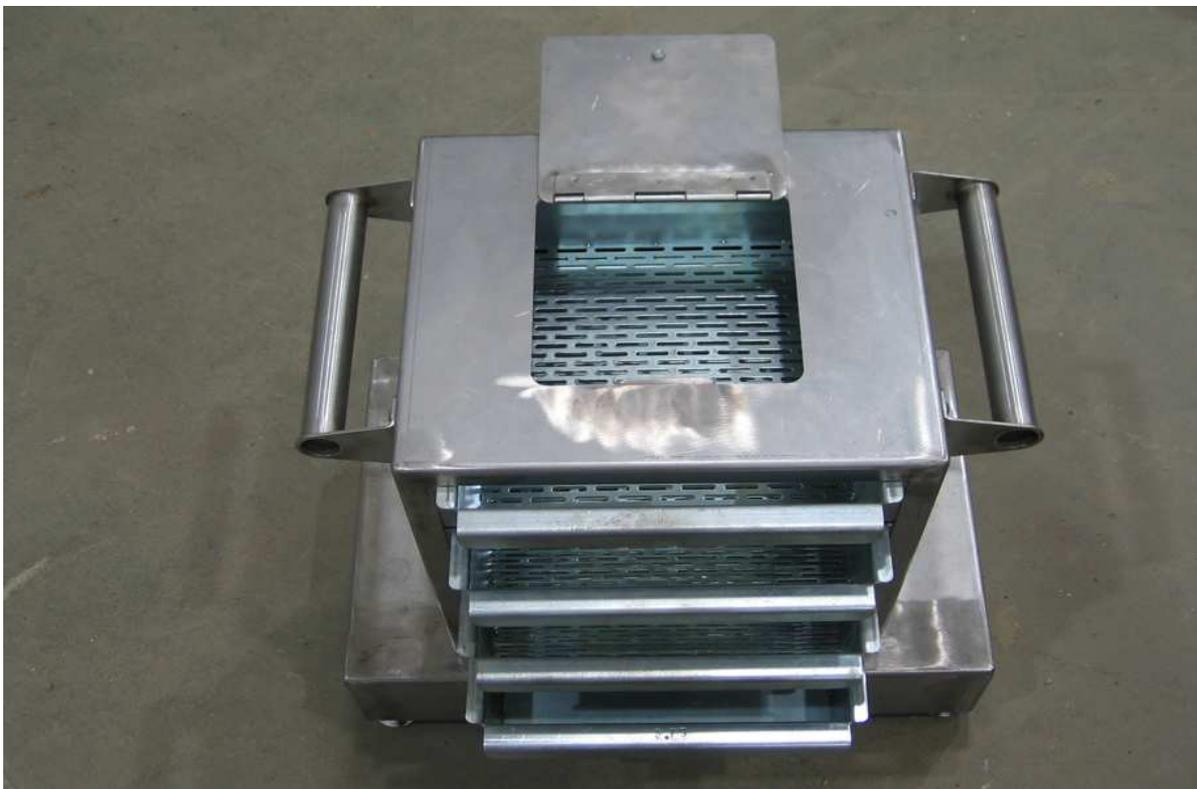


Abb. 3: Schüttel-Siebbox mit Wechselsieben (Agri-Broker) zur Analyse der Korngrößen auch im Feld [14]

Der Bruch- und Kümmerkornanteil einer Getreideprobe besteht gemäß BLE [3] bei Gerste aus der Fraktion < 2,2 und > 1 mm sowie bei Weizen aus der Fraktion < 2 und > 1 mm Langlochsieb; bei Raps < 1 mm Rundlochsieb. Eine Siebanalyse lässt sich bei einer Einwaage von 300 g in einer Zeit von 15 s durchführen. Ein großer Vorteil dieser Methode gegenüber dem visuellen Verfahren ist neben der Fraktionierung des Kornes zur indirekten Erfassung des Bruchkornanteils, dass der Kümmerkornanteil gemessen wird. Aus der Siebanalyse lassen sich Empfehlungen zur Einstelloptimierung des Mähdreschers ableiten. Bei hohen Kümmerkornanteilen – in Jahren mit extremer Vorsommertrockenheit kann dieser auf Standorten mit wechselnden Böden durchaus bis zu 6 % betragen – muss entweder ein höheres Bruchkornniveau akzeptiert werden, oder der Mähdrescher muss so eingestellt werden, dass mehr Kümmerkörner ausgeblasen werden, was bei hoch ausgelasteten Reinigungen mit zweiter belüfteter Fallstufe und/oder Vorsieb (s. Kap. 5) kaum möglich ist.

Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Bruch- und Kümmerkornanteil je nach Probenbeschaffenheit positiv mit dem Labor-Bruchkornanteil korreliert. Es kommt jedoch auch vor, dass keine sichere Korrelation gegeben ist (Abb. 4) [1, 6]. Demzufolge entspricht der gesiebte Bruch- und Kümmerkornanteil einer Kornprobe nicht dem tatsächlichen Bruchkornanteil gemäß Labormethode. D. h., der Handel führt bei der Getreideannahme nur eine indirekte Bruchkornanteilsbestimmung per Siebreiniger durch. Eine exakte Auskunft kann nur die aufwendige Labormethode geben.

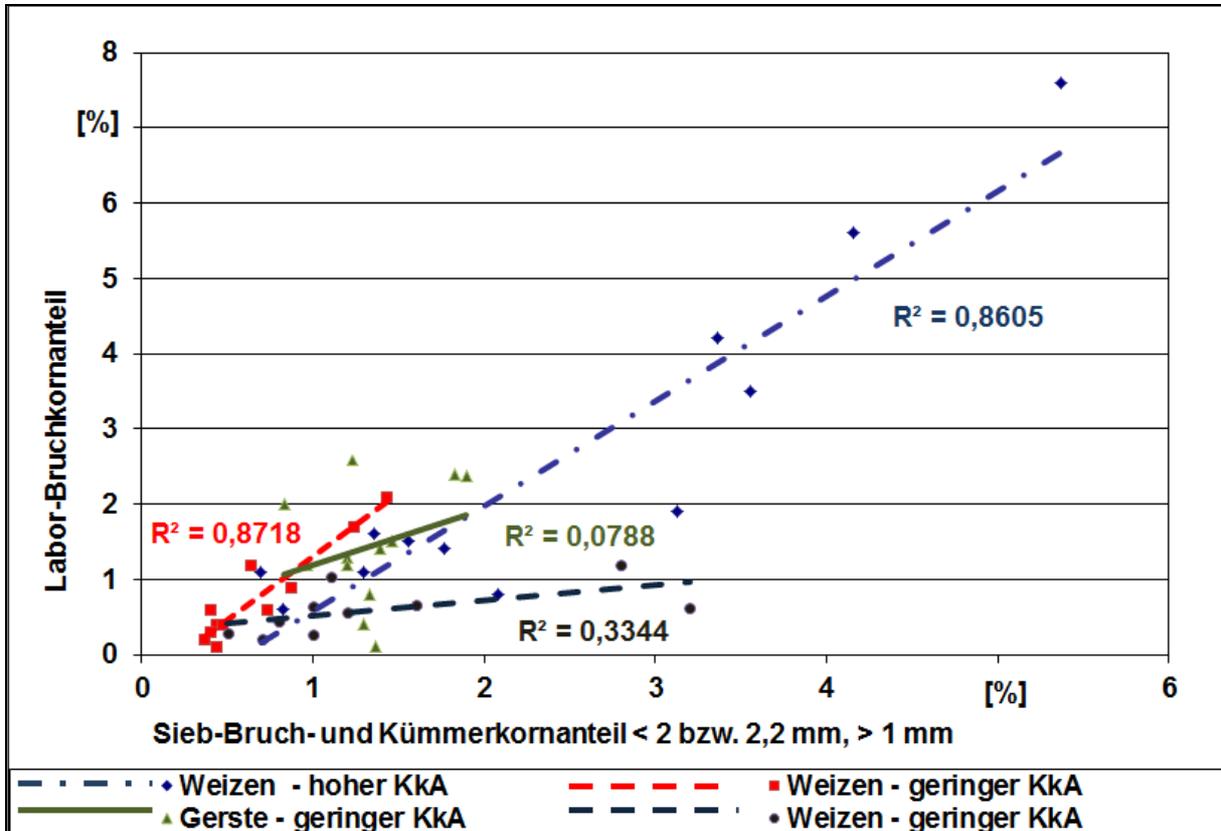


Abb. 4: Labor-Bruchkornanteile von Kornproben über gesiebten Bruch- und Kümmerkornanteilen bei Weizen und Gerste mit jeweils hohen oder geringen Kümmerkornanteilen (KkA) [nach: 1, 6]

Zeigt die Siebanalyse einen hohen Kümmerkornanteil, so ist oft auch ein hoher Bruchkornanteil gegeben, wie Abb. 4 zeigt. Der Weizen mit einem hohen Kümmerkornanteil von 2,5 % zeichnet sich durch viele gebrochene Kümmerkörner entlang der Rückenfurche aus, die durch das Langlochsieb der Schüttelsiebbox mit 2 mm Schlitzbreite fallen. Daher beträgt in diesem Falle das Bestimmtheitsmaß des funktionalen Zusammenhanges zwischen Labor-Bruchkornanteil und Siebanalyse 86 %. Bei einem Weizen mit kleinem Korn und einem geringen Kümmerkornanteil von nur 0,65 % ergibt sich bei diesen Zusammenhängen ein noch höheres Bestimmtheitsmaß von 87,2 %. Demzufolge wäre die Siebanalyse sehr genau.

Demgegenüber stehen jedoch die sehr geringen Bestimmtheitsmaße bei Gerste von nur 7,8 % (kein funktionaler Zusammenhang) mit einem Kümmerkornanteil von 1,33 % und bei Weizen in Höhe von 33 % mit einem KkA von 1,39 %. Bei diesen Getreideproben lässt sich der tatsächliche Bruchkornanteil nicht durch eine Schnellsiebanalyse bestimmen. Resümierend lässt sich daher festhalten, dass eine Siebanalyse zwar aufschlussreicher ist als eine Bruchkornanteilsschätzung, jedoch kann zur exakten Bruchkornanteilmessung nur die Labormethode dienen. Daher sind Aussagen bezüglich der Bruchkornanteilhöhe von Getreideproben, die auf einer Siebanalyse basieren, zweifelhaft.

Eine Durchschnitts-Getreideprobe von ca. 250 g Masse wird gemäß Probenahmebestimmungen der BLE [2] zur weiteren Analyse mit einem 3,5 und 1 mm Sieb fraktioniert. Diese Probe ($< 3,5$ und > 1 mm) wird zur Bestimmung der weiteren Kennwerte genutzt. Einen Vergleich zwischen den verschiedenen Methoden der Bruchkornanalyse zeigt Abb. 5. Dargestellt sind die funktionalen Zusammenhänge zwischen dem im Labor gemessenen Bruchkornanteil aus vorgesiebten Weizenproben und dem im Labor gemessenen Bruchkornanteil aus unbehandelten Proben (Labor-Bruchkornanteil) sowie dem gesiebten Bruch- und Kümmerkornanteil und dem Labor-Bruchkornanteil.

Die Bruchkornanteile der vorbehandelten Proben (Fraktion > 2 mm, linke Ordinate) sind grundsätzlich geringer als die der unvorbehandelten Proben, weil das Sieb Bruchstücke mit einem Durchmesser von weniger als 2 mm abscheidet, die nicht mehr erfasst werden. Bei diesen Proben besteht ein sehr guter funktionaler Zusammenhang zwischen der Siebprobe und dem Labor-Bruchkornanteil (s. auch Abb. 4), jedoch sind die gesiebten Bruch- und Kümmerkornanteile ebenfalls meist geringer als der Labor-Bruchkornanteil aus der unvorbehandelten Probe.

Für Untersuchungen an Mähdreschern ergibt sich daraus die Schlussfolgerung: Zur Untersuchung des vom Dresch- und Trennsystem verursachten Bruchkornanteils ist es sachlich korrekt, diesen aus einer unvorbehandelten Kornprobe zu bestimmen. Dazu ist die Bestimmung des Kümmerkornanteils ein wichtiger Randparameter. Siebproben und Bruchkornanalysen aus vorbehandelten, gesiebten Proben sind für derartige Untersuchungen nicht zielführend. Daher wurden die nachfolgend genannten Bruchkornanteile immer aus unvorbehandelten Kornproben bestimmt.

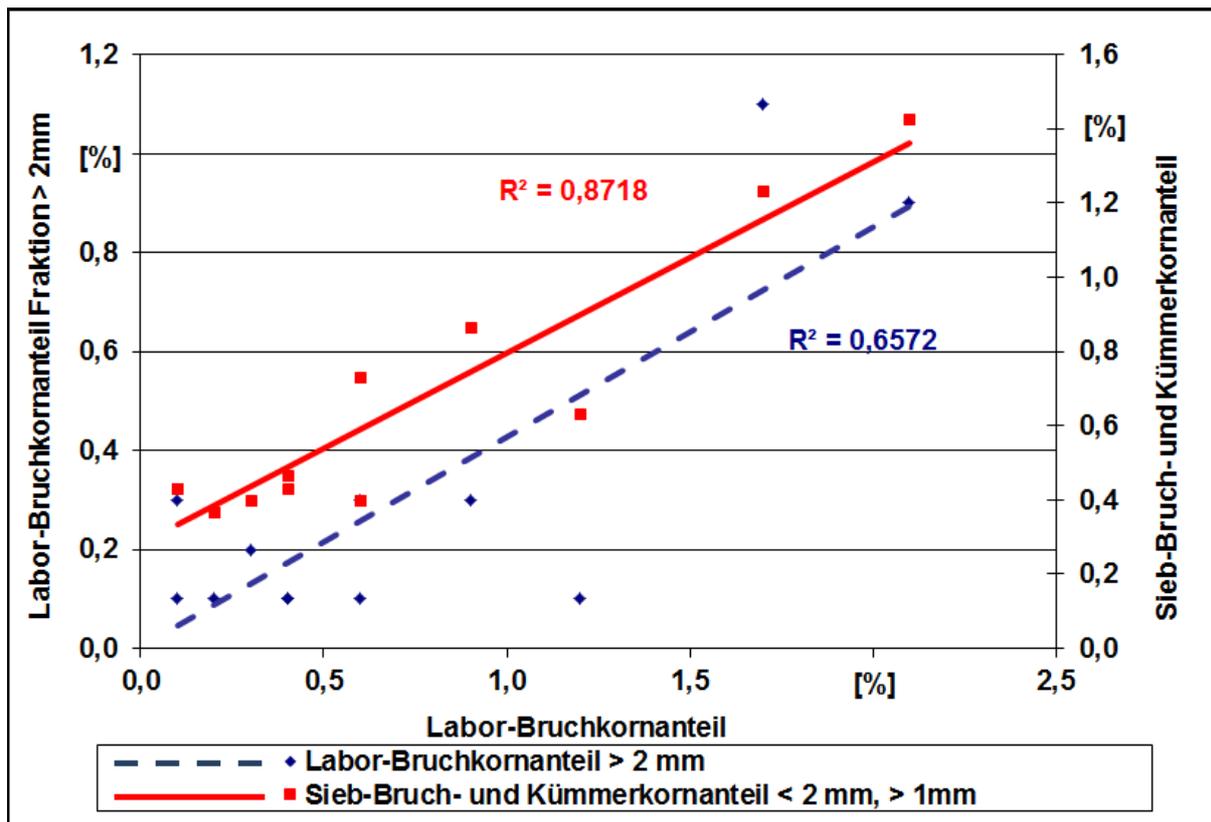


Abb. 5: Labor-Bruchkornanteile der Fraktion > 2 mm sowie gesiebte Bruch- und Kümmerkornanteile von Weizen über dem Labor-Bruchkornanteil aus unvorbehandelten Proben [nach: 6]

Für eine Vorhersage möglicher Abzüge des Handels sowie zur präziseren Einstellung des Mähdreschers ist eine Analyse von Kornproben per Schüttelsieb sicherlich vorteilhafter als die sonst übliche Schätzung der Kornqualität, speziell des Bruchkornanteils. Die Ergebnisse der Siebanalyse per Schüttelsieb und die Ergebnisse per Probenreiniger beim Getreidehandel basieren auf vergleichbaren Methoden (gleiche Sieböffnungsweiten vorausgesetzt) und müssen somit in hohem Maße deckungsgleich sein.

4. Beeinflussung des Bruchkornanteils durch den Mähdrescher

Wenn der Bruchkornanteil während der Ernte zu hoch ist, sollten nicht sofort die Maßnahmen gemäß Abb. 1, also ein sanfterer Drusch durchgeführt werden. Statt dessen sollte zunächst geprüft werden, ob der Mähdrescher noch Leistungsreserven hat. Dies ist bei Rotormaschinen häufig der Fall, weil ihre Verlust-Durchsatz-Kennlinie nur in geringem Maße ansteigt. Wenn noch Leistungsreserven vorhanden sind, sollte der Durchsatz erhöht werden, damit durch eine größere Strohmasse im

Dreschspalt das Korn durch den damit verbundenen Polstereffekt schonender behandelt wird (Abb. 6).

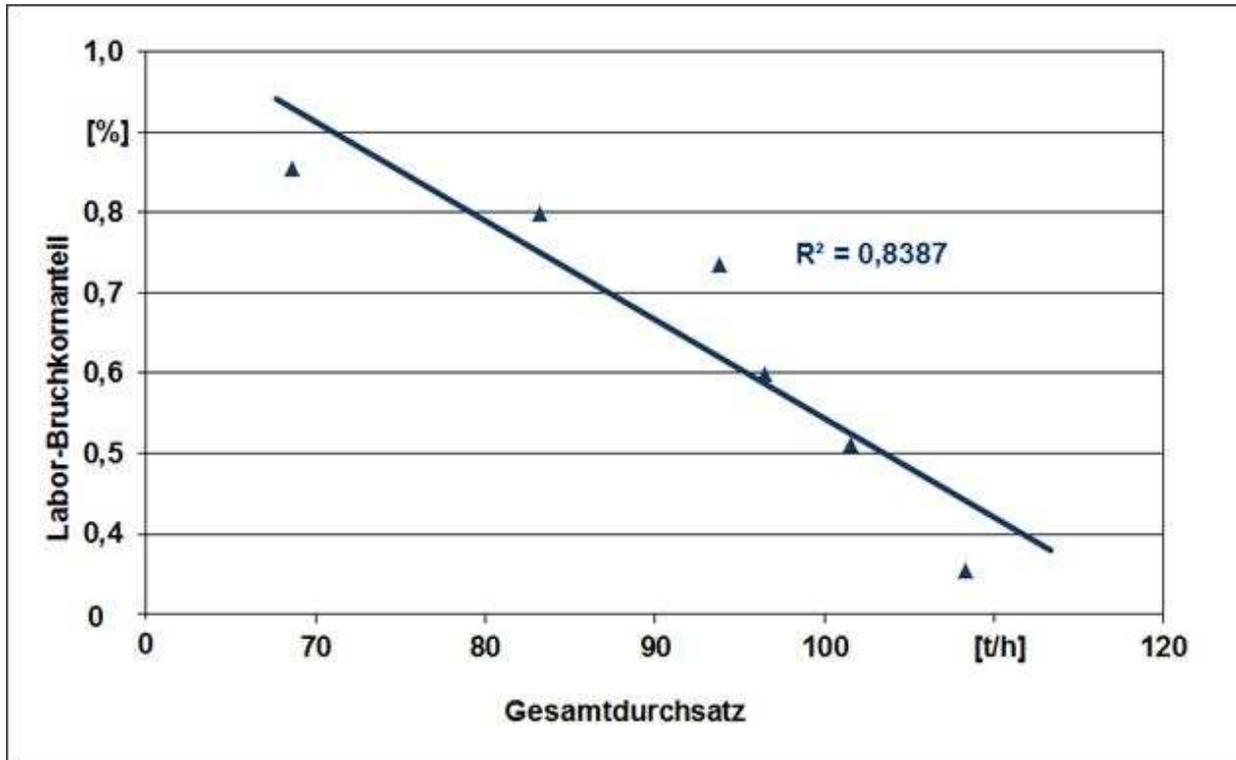


Abb. 6: Labor-Bruchkornanteile von Weizen über dem Gesamtdurchsatz bei einem Hybrid-Mähdrescher [nach: 12]

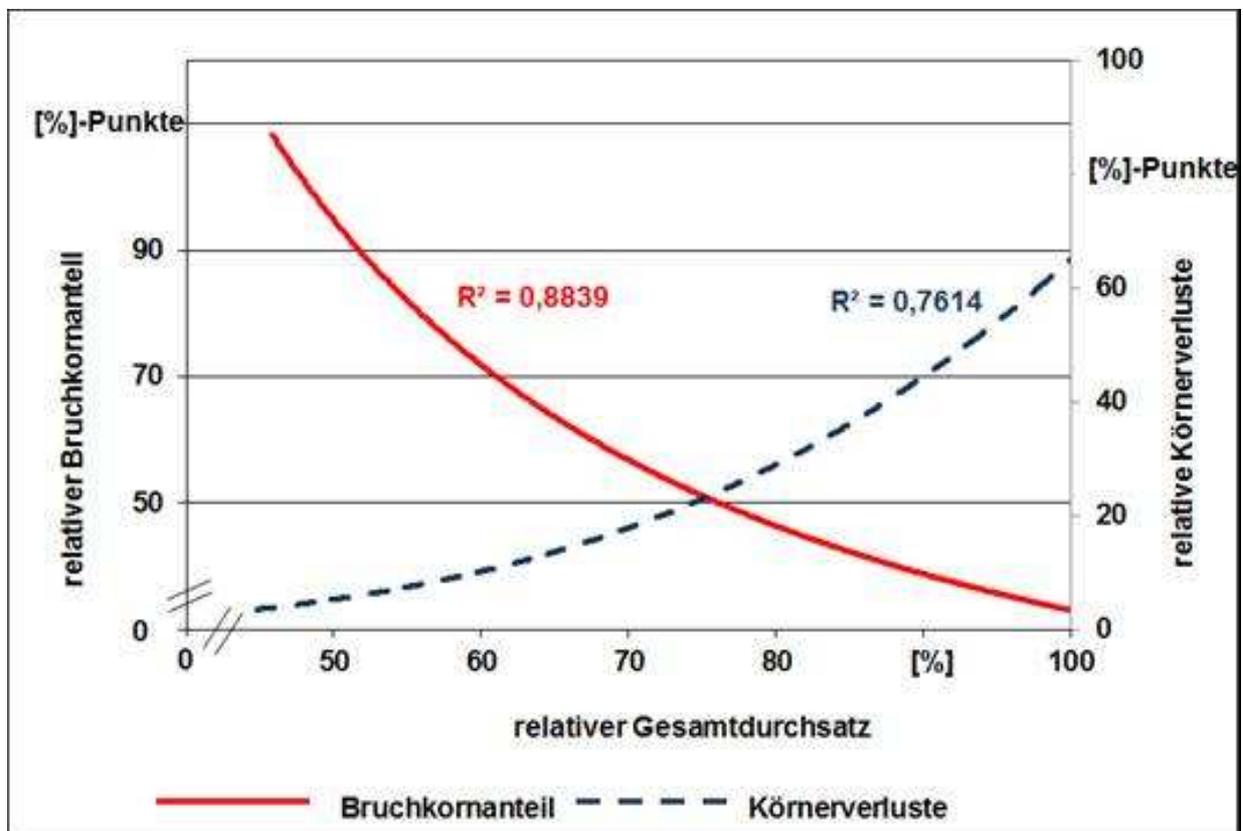


Abb. 7: Relative Bruchkornanteile und relative Körnerverluste bei Weizen über dem relativen Gesamtdurchsatz bei einem Hybrid-Mähdrescher [nach: 12]

Sicherlich nehmen bei zunehmendem Durchsatz und damit einhergehendem geringeren Bruchkornanteil die Körnerverluste zu. Daher ist der dargestellte Effekt eher bei Mähdreschern mit flach ansteigender Verlust-Durchsatz-Kennlinie gegeben. Hier ist erfahrungsgemäß ein realistisches Reduktionspotential beim Bruchkornanteil von 30 bis 50 % zu erschließen, ohne einen Verlustanstieg über 1 % in Kauf nehmen zu müssen. Diese Zusammenhänge zeigt Abb. 7 in Form von Relativwerten zur Vereinfachung des Vergleiches.

Der Verlauf der Kennlinien ist vor allem von den Erntebedingungen und auch von der Einstellung abhängig. Je geringer die Kornfeuchte und je höher demzufolge die Körnerbruchgefahr, desto größer ist der bruchreduzierende Effekt. Dazu gehört natürlich die passende Dreschwerkeinstellung. Denn bei zu scharfer Einstellung kann das Stroh natürlich weniger polstern, was den bruchreduzierenden Effekt wiederum verringert.

5. Wie viel gebrochenes Korn liegt hinter dem Mähdrescher?

Der Anteil des gebrochenen Kornes in den Körnerverlusten ist für die Wirtschaftlichkeitsanalyse eines Mähdreschers von Bedeutung, da diese Verlustfraktion bei den meisten Verlust-Durchsatz-Kennlinien unberücksichtigt bleibt. Der Grund hierfür ist die Windsichtung der Körnerverluste bei den verschiedenen Nachdreschverfahren, bei denen die Mehl- und Bruchfraktion nicht erfasst wird. Ältere, am Prüfstand erfasste Ergebnisse [4] weisen einen Anteil gebrochenen Kornes im Bunker und in den Körnerverlusten im Verhältnis von 1 : 1 aus. Die Analyse von Prüfergebnissen der DLG [8, 10] lässt diese Relationen jedoch unlogisch erscheinen. Denn die Mähdrescher-Prüfberichte weisen Bruchkornanteile bei Tangential-Schüttler-Mähdreschern von 0,5 bis 11,5 % aus. Der Spitzenwert von 11,5 % Bruchkornanteil hätte dann einen Gesamt-Bruchkornanteil 23 % zur Folge gehabt, was nicht praktikabel ist. Daher liegt es nahe, den Bruchkornanteil in den Körnerverlusten bei aktuellen Mähdreschern zu messen.

Die Versuche wurden an einem Schüttler-Mähdrescher bereits im Jahre 2006 [5] und an einem Hybrid-Mähdrescher im Jahre 2010 [6] durchgeführt. Verändert wurden sowohl die Dreschwerkeinstellungen als auch die Gebläsedrehzahl. Denn gemäß Arbeitshypothese nehmen die Bruchkorn- und Mehlanteile in den Körnerverlusten zu, je intensiver gedroschen wird und je höher die Windgeschwindigkeit in der Reinigung ist. Dazu wurden die folgenden Parameter definiert:

- Druschintensität: Quotient aus Schlagpunktzahlfrequenz und Dreschspaltweite [$1/(s \cdot mm)$].
- Bruchkornanteil im Kornbunker: Bruchkornanteil in v. H. aus unvorbehandelter Kornprobe im Bunker. Laborauswertung von Hand aus 100 g Probenmasse und Selektion aller nicht vollständigen Körner, Korn- und Mehlteile.
- Bruchkornanteil in den Körnerverlusten: Alle nicht vollständigen Körner, Korn- und Mehlteile in den Körnerverlusten in v. H. der Gesamt-Körnerverluste (ganze Körner plus Kornteile).
- Gesamt-Bruchkornanteil: Bruchkornanteil im Kornbunker plus Bruchkornanteil in den Körnerverlusten in v. H. des geernteten Kornes.
- Relativer Bruchkornanteil in den Körnerverlusten: Bruchkornanteil in den Körnerverlusten in Relation zum Gesamt-Bruchkornanteil.

Die Methodik für derartige Untersuchungen ist vergleichsweise aufwendig, da nicht nur die Kornproben aus dem Kornbunker, sondern auch die Proben aus den Körnerverlusten von Hand selektiert und danach die Fraktionen verwogen werden müssen. Die Probenahme im Feld erfolgte bei den Verlusten mit Hilfe der Schalenmethode. Die Fläche einer Schale beträgt $0,57 \text{ m}^2$, so dass sich bei vier Wiederholungen pro Maschineneinstellung eine erfasste Fläche von $2,28 \text{ m}^2$ ergibt. Gemessen wurde ausschließlich bei Schwadablage. Bei den Untersuchungen am Schüttler-Mähdrescher wurden die Einstellwerte notiert; der Hybrid-Mähdrescher war mit einem Dataloggingsystem ausgerüstet, so dass die Motordrückung und damit die tatsächlichen Drehzahlen während des Einsatzes aufgezeichnet wurden. Im Rahmen der Untersuchungen wurde bei einigen Versuchsvarianten bewusst sehr intensiv gedroschen, um hohe Bruchkornanteile zu erzielen.

Die Erntebedingungen waren unterschiedlich. Die Versuche an der Schüttlermaschine fanden ausschließlich in der Weizenernte der Sorten Ritmo und Opus statt. Der Kornertrag betrug im Mittel $10,3 \text{ t/ha}$, die Kornfeuchte $12,6 \%$, die Strohfeuchte $18,9 \%$ und das Korn : NKB-Verhältnis $1 : 0,75$. An der Hybridmaschine wurden sowohl in der Gersten-, als auch in der Weizenernte Proben genommen. Bei der Gerste der Sorte Laverda betrug der Kornertrag im Mittel $10,9 \text{ t/ha}$, die Kornfeuchte $13,9 \%$, die Strohfeuchte $39,7 \%$ und das Korn : NKB-Verhältnis $1 : 1,11$. Beim Weizen der Sorte Akteur betrug der Kornertrag im Mittel $9,4 \text{ t/ha}$, die Kornfeuchte $15,9 \%$, die Strohfeuchte $7,1 \%$ und das Korn : NKB-Verhältnis $1 : 0,98$.

Die Versuchsauswertung ergab bei allen Varianten und bei beiden Mähdreschern, dass die Gebläsedrehzahl entgegen der Arbeitshypothese den Anteil gebrochenen Kornes in den Körnerverlusten in viel geringerem Maße beeinflusst als die Druschintensität, faktisch fast gar nicht. Unter Einbezug der Drehfrequenz des Gebläses nahmen die Bestimmtheitsmaße der Regressionsfunktionen ab bzw. ergaben die Regressionen „Bruchkornanteil in den Körnerverlusten über Gebläsedrehzahl“ keine nachvollziehbaren funktionalen Zusammenhänge.

Den Bruchkornanteil über der Druschintensität sowie den relativen Bruchkornanteil in den Körnerverlusten der Schüttlermaschine zeigt Abb. 8. Bei zunehmender Druschintensität nimmt der Gesamt-Bruchkornanteil relativ stark zu, weil die Kornfeuchte mit durchschnittlich 12,6 % vergleichsweise gering war, was eine geringe Elastizität des Kornes also höheren Körnerbruch als bei höheren Kornfeuchten zur Folge hatte. Bemerkenswert ist, dass die relativen Bruchkornanteile in den Körnerverlusten, die von 42 % bei geringer Druschintensität und somit geringem Gesamt-Bruchkornanteil von 0,5 %, auf 8 % bei hoher Druschintensität bei einem Gesamt-Bruchkornanteil von fast 11 % abnehmen. Offensichtlich wird immer ein kleiner Anteil des gebrochenen Kornes aus dem Mähdrescher herausgetragen. Es kann also nicht von einem fixen Verhältnis zwischen Bruchkornanteil im Bunker zum Anteil gebrochenen Kornes in den Körnerverlusten ausgegangen werden. Der relative Bruchkornanteil in den Körnerverlusten betrug bei diesen Versuchen durchschnittlich 17,21 %. Der Bruchkornanteil war versuchsbedingt bei 4 von 10 Proben höher als 3 %; wie bereits erwähnt, wurden möglichst hohe Bruchkornanteile angestrebt.

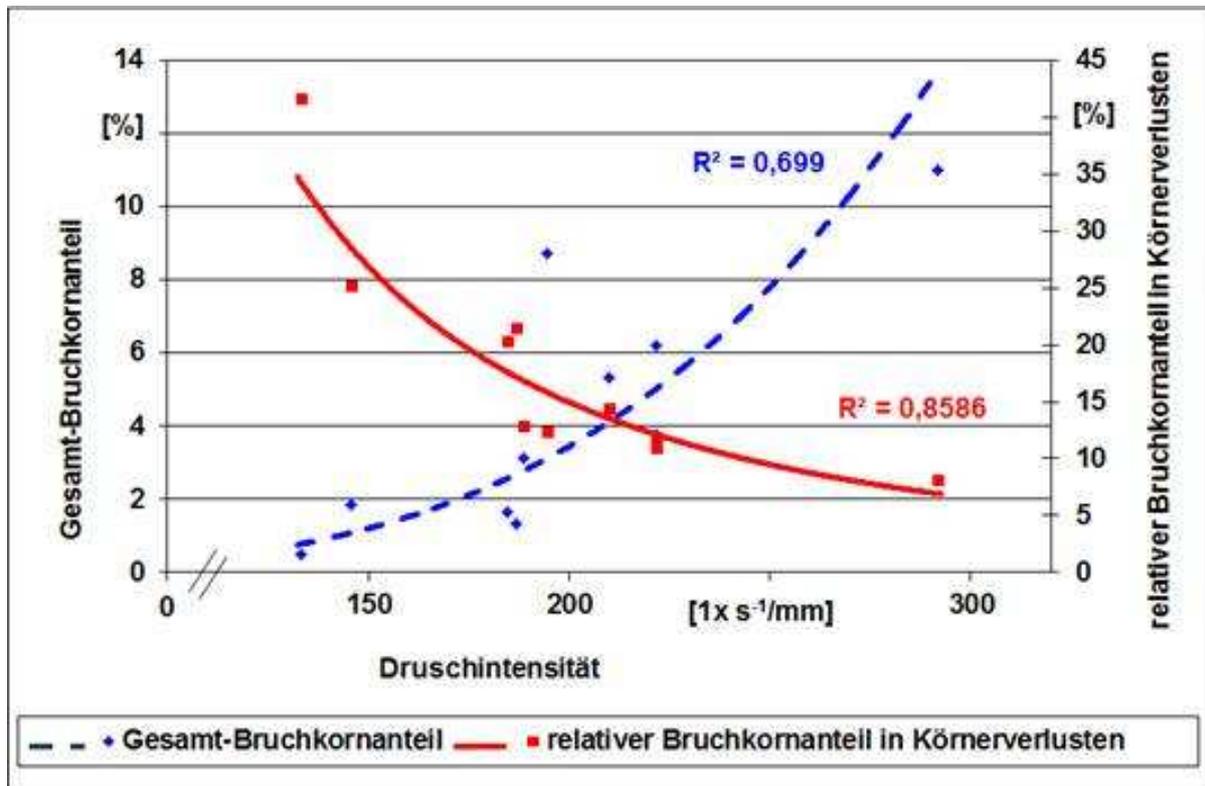


Abb. 8: Gesamt-Bruchkornanteile und relative Bruchkornanteile in den Körnerverlusten bei einem Schüttler-Mähdrescher in Weizen über der Druschintensität. [nach: 5]

Ähnliche Zusammenhänge wie bei der Schüttlermaschine mit konventionellem Dreschwerk sind bei einem Hybrid-Mähdrescher mit Beschleuniger-Dreschwerk gegeben, jedoch nicht so deutlich, wie Abb. 9 zeigt. Selbst bei hoher Druschintensität – die Wirkungen des Beschleunigers bleiben hier unberücksichtigt – nimmt der Gesamt-Bruchkornanteil nur auf einen Wert von maximal 2,23 % zu. Dies ist neben sor-

tenspezifischen Eigenschaften sicherlich auch durch die höhere Kornfeuchte von 15,9 % sowie durch mehr Stroh im Dreschspalt als bei der Schüttlermaschine zu begründen. Denn der Weizen-NKB-Durchsatz betrug während der Messungen bei der Hybridmaschine durchschnittlich 48,2 t/h, während er bei der Schüttlermaschine durchschnittlich 19,9 t/h betrug. Daraus resultiert neben dem durch die höhere Kornfeuchte und möglichem sortenspezifisch bedingtem Körnerbruch auch ein durch das größere Strohpolster im Dreschspalt verringertes Bruchkornanteilniveau.

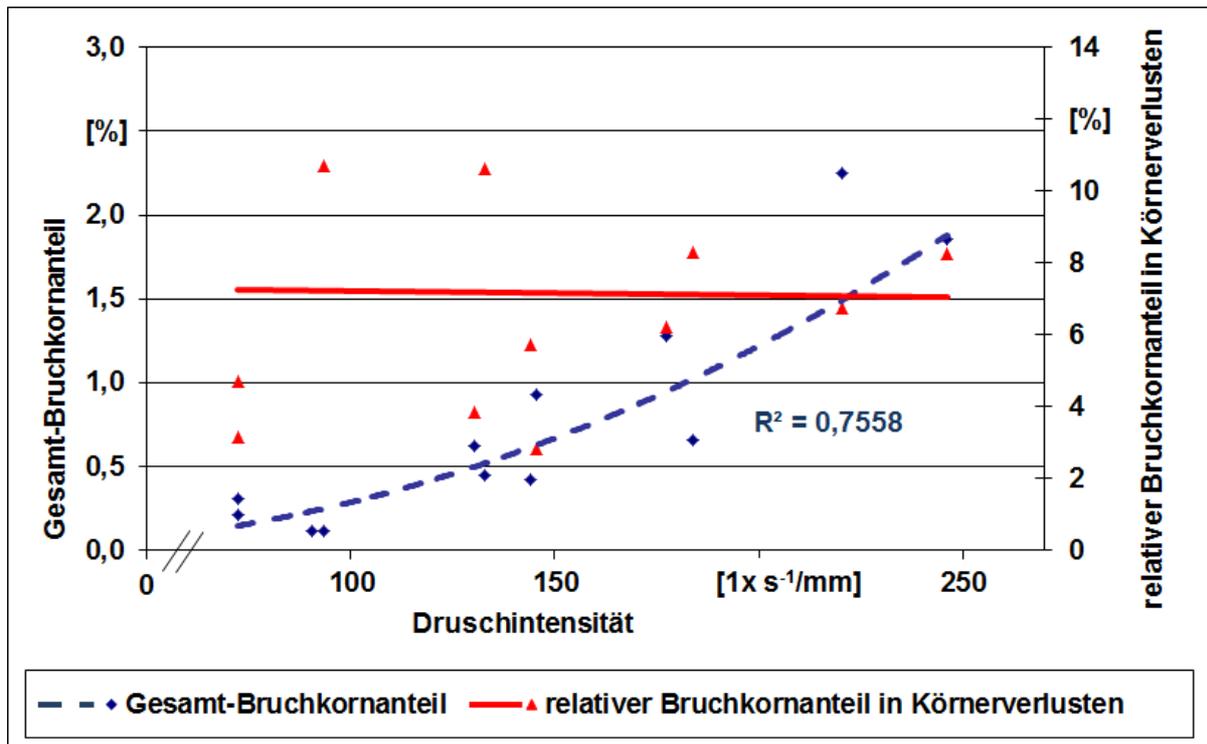


Abb. 9: Gesamt-Bruchkornanteile und relative Bruchkornanteile in den Körnerverlusten bei einem Hybrid-Mähdrescher in Weizen über der Druschintensität. [nach: 6]

Die Funktion des relativen Bruchkornanteils in den Körnerverlusten über der Druschintensität verläuft in diesem Versuch linear, nahezu unverändert, was sicherlich auch durch das insgesamt sehr geringe Niveau von im Mittel nur 7,17 % bedingt sein mag. Diese Versuchsergebnisse zeigen sehr deutlich, dass mehr als 90 % des erzeugten Bruchkornes von der Reinigung abgetrennt und in den Bunker gefördert werden.

Denselben Sachverhalt beschreibt Abb. 10; hier sind neben den Gesamt-Bruchkornanteilen (linke Ordinate) die Bruchkornanteile im Kornbunker (rechte Ordinate) über der Druschintensität abgetragen. Bei den beschriebenen, geringen Anteilen gebrochener Körner in den Verlusten verlaufen die Funktionen nahezu deckungsgleich. Erst bei hoher Druschintensität von mehr als 200 bis 250 Schlägen pro Sekunde und Millimeter Spaltweite zeigen sich nennenswerte Unterschiede zwischen den beiden Bruchkornanteilen in Höhe von 0,15 %-Punkten, was bei einem Ertrag von 9 t/ha und einem Preis von 240 €/t einem monetären Verlust von 3,24 €/ha entspricht. Ein Prozent Gesamtverluste ergeben in diesem Falle einen Erlösausfall von

21,6 €/ha. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Verluste durch Bruchkorn in den Verlusten im Vergleich zu anderen Verlustarten, wie Aufnahme- und Gesamtverlusten eine untergeordnete Rolle spielen.

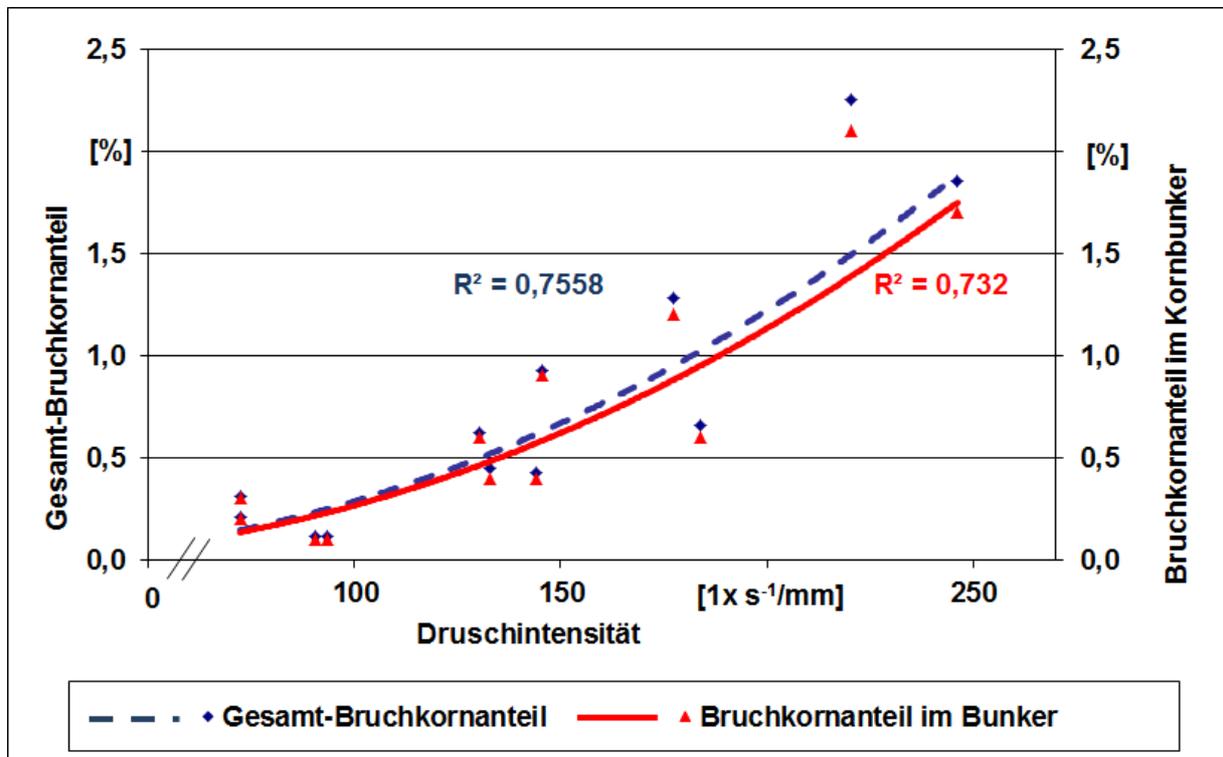


Abb. 10: Gesamt-Bruchkornanteile und Bruchkornanteile im Kornbunker bei einem Hybrid-Mähdrescher in Weizen über der Druschintensität. [nach: 6]

Dies wird durch die Untersuchungen bei der Gerstenernte gemäß Abb. 11 nochmals bestätigt. Mit zunehmender Schärfe des Dresches nimmt hier der Bruchkornanteil linear auf ein Maximum von 2,7 % zu. Dass der Bruchkornanteil trotz der scharfen Einstellung des Dreschwerkes, die im Maximum 33 m/s Umfangsgeschwindigkeit bei einer Spaltweite von 6 mm betrug, auf einem niedrigen Niveau blieb, ist sicherlich neben sortenspezifischen Eigenschaften vor allem durch den hohen Gersten-NKB-Durchsatz während der Messungen von 56 t/h bedingt.

Die Funktion des relativen Bruchkornanteils in den Körnerverlusten verläuft mit zunehmender Druschintensität degressiv, jedoch nur tendenziell. Im Durchschnitt beträgt dieser Wert lediglich 4,63 %, was im Erntebetrieb als zu vernachlässigen einzustufen ist. Ein wirtschaftlicher Schaden ist nicht gegeben, so lange ein Gesamt-Bruchkornanteil von 3 % bei Weizen nicht überschritten [2] wird. Im Falle der vorliegenden Versuchsergebnisse hätten lediglich die durch zu scharfen Drusch provozierten Bruchkornanteile von mehr als 3 % Preisabschläge von bis zu 2 €/t zur Folge, oder würden im Extremfall zu einer Nichtannahme der Charge bei zu scharfer Dreschwerkeinstellung der Schüttlermaschine führen. Die Höhe der Körnerverluste in Form von Bruchkorn und Mehl betrug in den vorliegenden Versuchen zwischen lediglich 0,08 und 0,1 % und ist somit ebenfalls monetär vernachlässigbar.

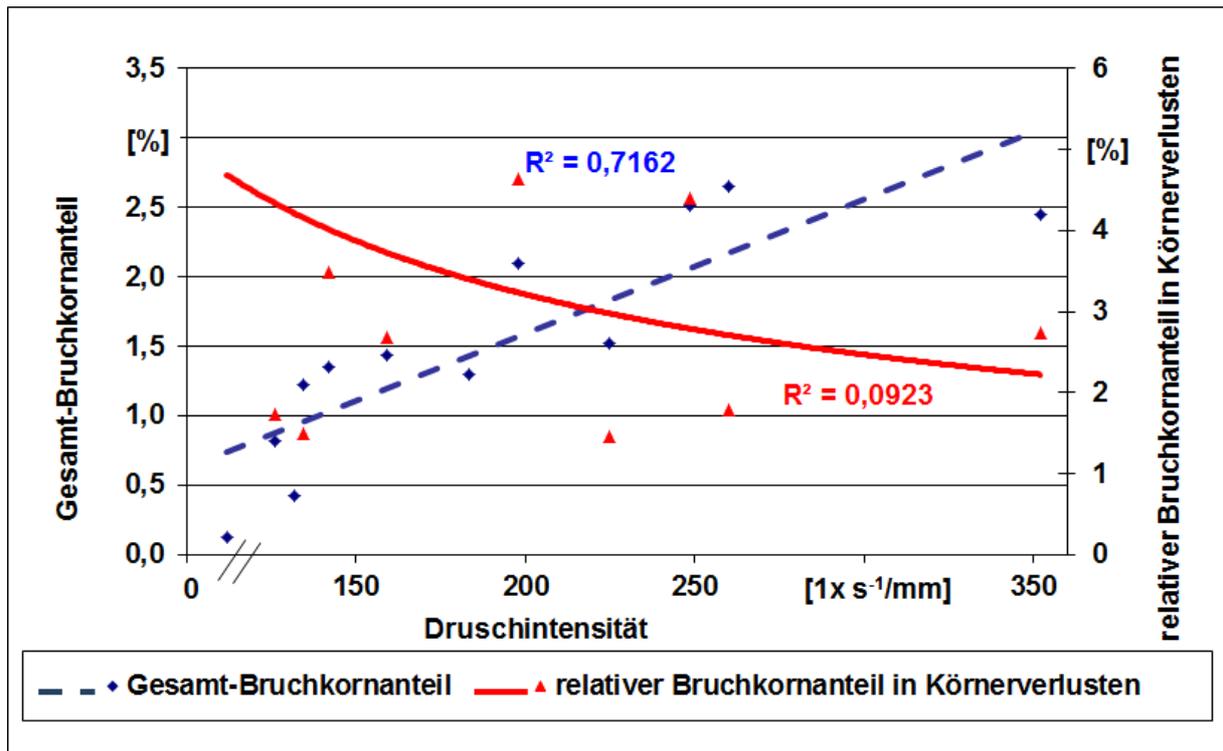


Abb. 11: Gesamt-Bruchkornanteile und relative Bruchkornanteile in den Körnerverlusten bei einem Hybrid-Mähdrescher in Gerste über der Druschintensität. [nach: 6]

Warum sind diese Versuchsergebnisse konträr zu bisherigen Literaturangaben? Dies mag sicherlich durch veränderte Konstruktionen der Mähdrescher und auch deren Durchsätze bedingt sein. Eigene Erfahrungen mit Schüttler-Mähdreschern aus den 80er und 90er Jahren wiesen sehr große Unterschiede beim Verhältnis Bruchkorn im Bunker : Bruchkorn in den Verlusten aus [7]. Es kam vor, dass extrem viel Bruchkorn auf einer Messschale lag, das Korn im Bunker aber nahezu keine Bruchkornanteile aufwies. Diese Proben wurden vor allem an Schüttlermaschinen genommen, deren Reinigung keine zweite belüftete Fallstufe aufwies. Und die Überkehr wurde per Nachdrescher zum Vorbereitungsboden und nicht zur Dreschtrommel zurückgeführt. Da Nachdrescher die Überkehr weiter hinten auf den Vorbereitungsboden fördern und sie daher auf dem von vorne zugeführten Korn-Spreu-Gemisch liegt, gelangen Bruchkörner und Mehl erst später auf das Obersieb, weshalb die Chance größer ist, dass ein Teil hinten ausgetragen wird. Diese These müsste durch Prüfstandsversuche genau untersucht werden.

Stichprobenartige Untersuchungen an einem Axialrotor-Mähdrescher ohne Rücklaufboden ergaben höhere Bruchkorn- und Mehlanteile in den Körnerverlusten als bei den Mähdreschern, an denen die hier dargestellten Reihenuntersuchungen durchgeführt wurden. Neben der Tatsache, dass die Axialrotormaschinen auch mit Überkehrnachdreschern bestückt sind, spielt hier sicherlich die Konstruktion ohne Rücklaufboden eine Rolle. Denn falls Bruchkörner und Mehl weiter hinten abgeschieden werden, werden sie schon vom Windvolumenstrom erfasst, bevor sie auf die Reini-

gung geraten. Somit ist auch hier die Chance größer, dass kleine Kornteile aus der Reinigung herausgetragen werden. Aber auch diese Erfahrungen müssten durch Reihenuntersuchungen bestätigt werden.

Im Labor lassen sich NKB (Kaff) und Staub mit dem Windsichter viel früher in den Schwebezustand versetzen als gebrochene Körner und Mehl. Überträgt man diese Erkenntnis auf eine Mähdrescherreinigung, so liegt es nahe, dass gebrochene Körner und Mehlteile, die sich geschichtet im Korn-Spreu-Gemisch auf einem Vorbereitungsboden befinden, trotz zweiter belüfteter Fallstufe frühzeitig abgeschieden werden und somit in den Bunker gelangen. Dies trifft sicherlich auch für Schüttlermaschinen wie in den dargestellten Versuchen zu, die mit Trogschnecken-Vorbereitungsboden und Vorsieb ausgerüstet sind. Auch diese These bedarf sicherlich der Validierung durch Laborversuche.

Und nicht zuletzt mag die Spreumenge auf Vorbereitungsboden und Obersieb eine Rolle spielen. Je größer diese ist, desto größer wird der Staudruck unter der über dem Obersieb schwebenden Spreudecke. Dieser verhindert dann ein Austragen von kleinen Korn- und Mehlteilen. Hierfür spricht auch die Tatsache, dass im umgekehrten Falle gering belastete Mähdrescherreinigungen, z. B. bei Wendemanövern mehr Verlustkörner ausblasen als hoch belastete Reinigungen bei auch ansonsten mit Erntematerial gefülltem Mähdrescher.

6. Körnerbruch bei Raps

Für Raps gelten selbstverständlich die gleichen grundsätzlichen Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich Körnerbruch wie bei Getreide, jedoch ergeben sich im Detail einige Unterschiede. Da Raps bekanntlich nicht im klassischen Sinne gedroschen, sondern bei geringeren Umfangsgeschwindigkeiten und größeren Spaltweiten „geklopft“ werden muss, ist hier zunächst das Bruchkornrisiko geringer als beim Getreidedrusch. Bruchkornanalysen an Mähdreschern mit Beschleuniger-Dreschwerk belegen, dass offensichtlich durch die Wirkung der Nocken-Beschleunigertrommel sehr geringer Körnerbruch entsteht, selbst wenn das Dreschwerk recht scharf eingestellt ist. Dagegen kann eine zu scharfe Einstellung eines konventionellen oder eines Zentrifugalabscheider-Dreschwerkes eher zu hohe Bruchkornanteile erzeugen. Bei angepasster Einstellung ist jedoch mit jeder Technik ein Bruchkornanteil von weniger als 1 % problemlos zu erreichen.

Wenn gesunde Bestände bei zu kurzer Stoppel sehr sanft gedroschen werden, kann es vor allem bei Schüttlermaschinen zu Annahmeproblemen beim Häcksler kommen, weil das sperrige Stroh im Zuführschacht zum Häcksler eine Brücke bildet. Der Mähdrescher verstopft dann von hinten. Dieses Problem durch schärferen Drusch zu beseitigen und damit eine mangelhafte Kornqualität zu produzieren, was leider oft ge-

schiebt, oder sogar empfohlen wird, ist sicherlich der falsche Weg. Eine höhere Stoppel oder eine auf Maisernte umgestellte Häckslerdrehzahl können hier Abhilfe schaffen. Der auf Maisernte umgestellte Häcksler nimmt bei reduzierter Drehzahl das Stroh besser an. Die Messer sollten dann aber scharf und die Gegenschneide auf kurzen Schnitt eingestellt sein.

Abb. 12 zeigt im Labor gemessene Bruchkornanteile (wie bei Getreide aus 100 g Probenmasse) über der Druschintensität verschiedener Mähdrescher. Die übereinander liegenden Ergebnisse bei einer Druschintensität von 34, 37 und 61 Schlägen/(s*mm) stammen aus Reihenuntersuchungen an einer Hybridmaschine unter identischen Einsatzbedingungen. Die übrigen Ergebnisse stammen aus Proben, die an einem Axialrotor-Mähdrescher sowie an Hybrid- und Schüttlermaschinen genommen wurden. Ein Extremwert eines Schüttler-Mähdreschers ergab sich bei einer Druschintensität von über 70 Schlägen/(s*mm) mit 2,7 %. Hier wurde mit der Grundeinstellung eines Herstellers für „Raps unreif (grünes Stroh)“ geerntet, die eindeutig zu scharf war. Bei derart hohen Bruchkornanteilen beginnt der Raps bereits gelblich zu schimmern, was besonders am fallenden Erntegut beim Überladen zu erkennen ist. Entsprechend hohe Abzüge beim Händler sind die Folge, da die Bruchteilchen von der stationären Reinigung abgeschieden werden.

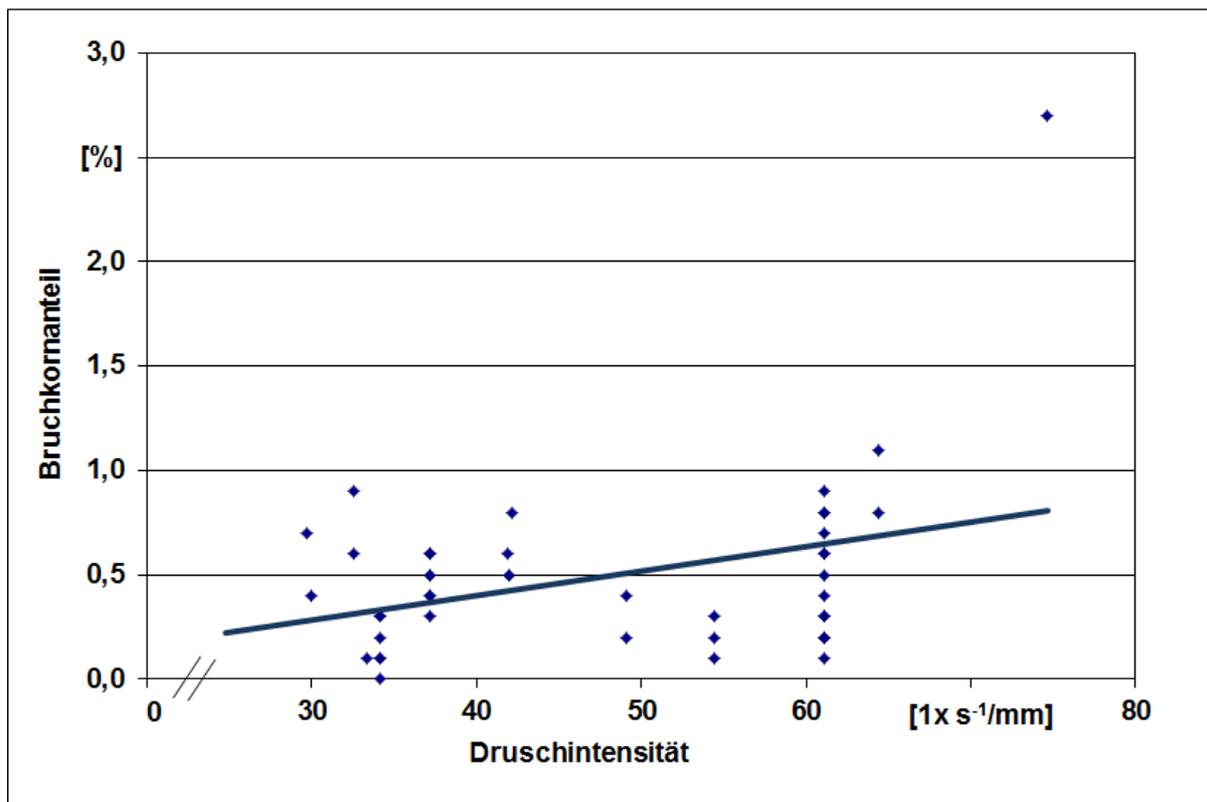


Abb. 12: Bruchkornanteile von Rapsproben verschiedener Mähdrescher über der Druschintensität [nach: 12 und 13]

Umgekehrt sind sehr niedrige Bruchkornanteile bei optimierter Mähdreschereinstellung realisierbar. Jedoch bestehen aufgrund der verschiedenen Rapseigenschaften und Druschsysteme in diesem Falle keine funktionalen Zusammenhänge zwischen

dem Bruchkornanteil und der Druschintensität. Neben der Maschineneinstellung spielt dann auch die Strohbeschaffenheit eine Rolle. Wird unterhalb des Schotenansatzes gemäht, und das Stroh ist im Verzweigungsbereich noch nicht vollständig abgereift, also wenig verholzt, so können die Bruchkornanteile gegen Null gehen wie die Ergebnisse der Reihenuntersuchungen in Abb. 12 zeigen.

Die unterschiedlichen Ergebnisse bei gleicher Einstellung (Messreihen) deuten auf weitere Einflüsse auf den Bruchkornanteil beim Raps hin. Hier sind neben sortenspezifischen Eigenschaften der Abreifegrad des Strohs sowie die Stoppelhöhe und der Durchsatz zu nennen. Ist das Stroh holzig, so kann dies bei zunehmendem Durchsatz – im Dreschspalt wird es dann enger – zu vermehrter Kornbeschädigung kommen, wie Abb. 13 zeigt. Bei insgesamt sehr geringem Körnerbruchniveau nimmt der Körnerbruch bei steigendem Durchsatz um 0,3 %-Punkte zu. Ob dieses, im Vergleich zum Getreide vollkommen konträre Bruchkornverhalten beim Raps allgemeingültig ist, müssten weitere Untersuchungen zeigen.

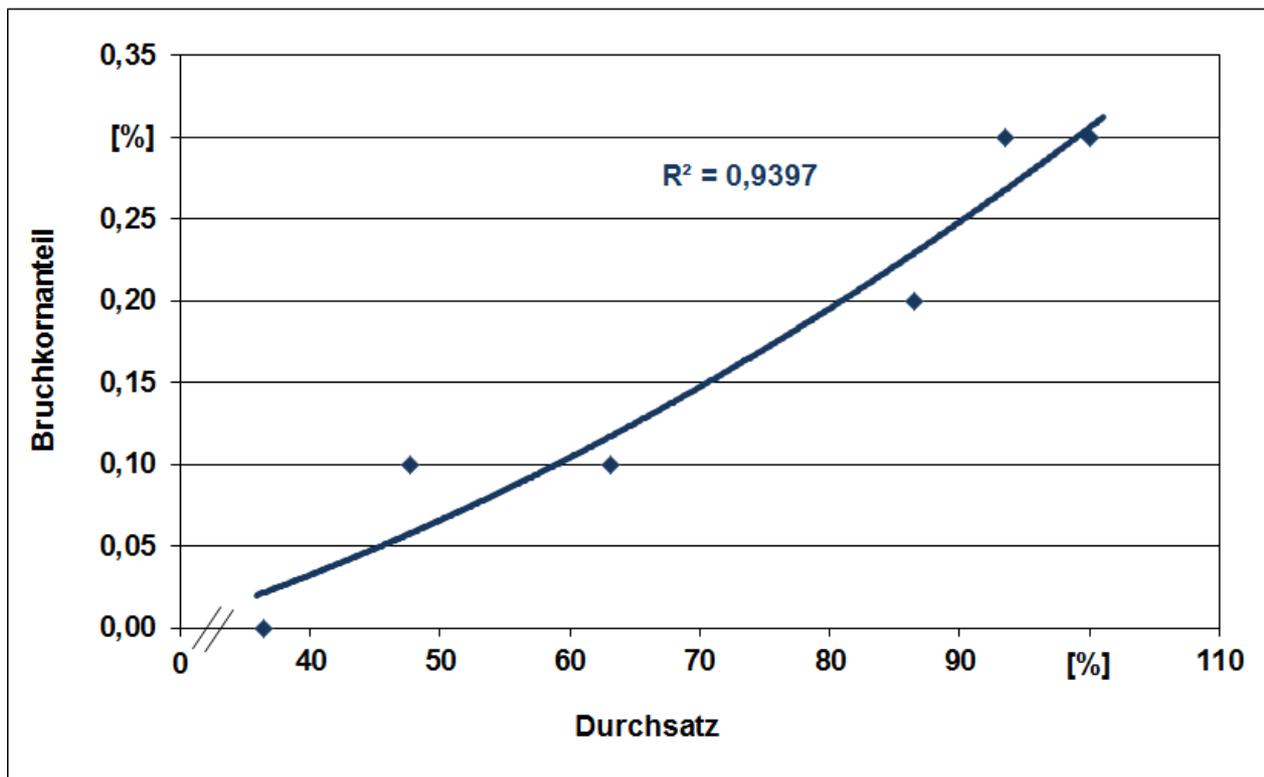


Abb. 13: Bruchkornanteil von Raps auf sehr niedrigem Niveau über dem relativen Durchsatz bei einem Hybrid-Mähdrescher [nach: 12]

Ist das Stroh grün und somit weicher, können mehr Körner ins Stängelmark gedrückt werden. Daher ist es in jedem Falle sinnvoll, eine möglichst lange Stoppel zu mähen. Liegt der Raps, und es muss eine kurze Stoppel gemäht werden, so ist sicherlich mit höheren Verlusten und/oder Bruchkornanteilen zu rechnen.

Erste Erfahrungen weisen auch beim Raps unterschiedlich hohe Bruchkornanteile in den Körnerverlusten, je nach Mähdreschertyp aus. Jedoch ist beim Raps die Spannweite der Körnerverluste viel größer als beim Getreide. Und diese ist viel mehr von

der Beschaffenheit des Rapses als vom Mähdrescher und seiner Einstellung abhängig. Nur bei optimal abgereiften, gesunden Beständen sind Körnerverluste von weniger als 1 % zu realisieren. Meistens betragen die Körnerverluste mehr als 4 – 5 %, vor allem bei ungleichmäßig abgereiften, oder teilweise oder sogar vollständig liegenden Beständen.

Da die Spannweite der Körnerverluste bei der Rapsernte größer ist als bei der Getreideernte, schwanken auch die relativen Bruchkornanteile in den Körnerverlusten in höherem Maße. Erste Untersuchungen an einem Hybrid-Mähdrescher unter den schwierigen Erntebedingungen 2010 mit Auswuchs und liegendem Raps belegen, dass auch hier der relative Bruchkornanteil in den Körnerverlusten weit weniger als 50 % beträgt. Da bei gleichmäßig abgereiftem Raps durch angepasste Einstellung des Mähdreschers ohnehin geringe Bruchkornanteile von weniger als 1 % problemlos realisierbar sind, spielt der Bruchkornanteil in den Körnerverlusten eine untergeordnete Rolle – zumindest bei Mähdreschern gemäß vorliegender Untersuchungen.

7. Welche Tipps lassen sich für die Ernte ableiten?

Grundsätzlich sollte für die **Druschintensität** gelten: so sanft wie möglich, so scharf wie nötig. Welchen Drehzahlen und Spaltweiten das entspricht, ist natürlich vornehmlich von den Erntebedingungen wie sortenspezifischen Drusch- und Brucheienschaften sowie Kornfeuchte abhängig. Darüber hinaus wirken sich die Mähdrescherkonstruktion, Mähdreschereinstellung sowie der Durchsatz auf den Bruchkornanteil aus. Und außerdem spielt der Verschleißzustand von Dresch- und Korbleisten eine Rolle. Je neuer die Dreschorgane, desto größer ist das Bruchkornrisiko, desto sanfter muss die Einstellung sein.

Das sanfte Einstellen des Dreschwerkes nimmt dann ein Ende, wenn die Ausdruschverluste ansteigen, d. h., wenn nicht mehr alle Körner ausgedroschen werden bzw. sogar noch volle Körner und nicht nur wenige Kümmerkörner im Fruchtstand verbleiben (Abb. 1). Druschverluste lassen sich im Erntebetrieb nur erfassen/kontrollieren, wenn das Stroh ins Schwad gelegt, oder bei Schüttlermaschinen nach einem Schnellstop oberhalb der Schüttler eine Strohprobe entnommen wird. Nur dann kann der Ausdrusch geprüft werden. Am besten legt man das Stroh für diese Prüfung kurzzeitig, also auf einer Strecke von mindestens 50 m, um den Mähdrescher vollständig mit Material zu füllen, ins Schwad. Nach der Kontrolle kann das Schwad bei Häckslerbetrieb nochmals aufgenommen, nachgedroschen und gehäckselt werden.

Bei dieser Prüfung war schon mancher Mähdrescherfahrer sehr überrascht, wie viel Korn beim Nachdreschen des Schwades in den Bunker gelangte. Doch weil diese Prüfung vergleichsweise umständlich ist, wird bei Häckslerbetrieb meistens darauf

verzichtet und lieber etwas schärfer – man kalkuliert eine Reserve ein – gedroschen, wodurch meistens die Kornqualität reduziert wird.

Druschverluste werden bei Häckslerbetrieb zu oft vernachlässigt. Wenn überhaupt werden die Gesamtverluste per Schale geprüft. Doch eine Einstelloptimierung kann nicht stattfinden, wenn die Herkunft der Verluste nicht bekannt ist. Hier ist bei extremen Einstellungen mit hohen Drehzahlen und großen Spaltweiten, die derzeit oft bei Schulungen von selbständigen Trainern propagiert werden, besondere Vorsicht geboten. Das mag bei leicht dreschbarem, evtl. sogar überständigem Material funktionieren. Doch sobald sich die Früchte schwer dreschen lassen, gerät diese Einstellstrategie an Grenzen – wenn es wirklich so einfach wäre, dass einfach durch größere Spaltweiten und höhere Dreschwerkdrehzahlen und dabei noch höherem Durchsatz die Effizienz eines Dreschwerkes immer weiter zunehmen würde, hätten Generationen von Konstrukteuren offensichtlich den Dreschprozess nicht richtig verstanden.

Dass die Druschverluste zunehmen, wenn stufenweise immer sanfter gedroschen wird, lässt sich in homogenen Beständen auch am Verhältnis Schüttler-/Rotor- zu Reinigungsverlusten am Körnerverlustmonitor erkennen (Abb. 14). Wird die Sanftheit des Drusches erhöht, nehmen die Schüttler- bzw. Rotorverluste zu und die Reinigungsverluste durch die geringere Strohbelastung ab. Aber auch hier ist Vorsicht geboten, weil die Sensorik nicht immer genau anspricht: Bei hohen Strohmassen geraten erstens nicht alle Körner auf den Verlustsensor und zweitens erzeugen nicht ausgedroschene Körner keine oder nur geringe Impulse. Und wenn wirklich die Schüttler- und Rotorverluste ansteigen, sind erfahrungsgemäß die Druschverluste bereits zu hoch.

Den beschriebenen Sachverhalt bestätigt Abb. 14. Bei zu hoher Druschintensität wird das Stroh stärker zerschlagen und die Reinigung wird mit Kurzstroh überbelastet. Die angezeigten Gesamtverluste bestehen fast ausschließlich aus Reinigungsverlusten. Wird die Druschintensität reduziert, so nehmen die Reinigungsverluste ab bis zu einem niedrigen Niveau von Reinigungs- und Rotorverlusten. Wird dann zu sanft gedroschen und es gelangen zu viele unausgedroschene Körner zu den Rotoren, so nehmen die Körnerverluste wieder zu, nun jedoch die Rotorverluste. Aber einerseits ist die Verlustanzeige nicht immer so genau wie im dargestellten Versuch, weil die Erntebedingungen nicht immer passend sind, so dass diese Vorgehensweise nicht immer zielführend ist. Andererseits kann der versierte Mähdrescherfahrer jedoch auf diese Weise versuchen, die Maschine an das Optimum der Einstellung heranzuführen. Das funktioniert aber nur, wenn er außer der Druschintensität keine anderen Einstellungen verändert und der Bestand homogen ist. Insgesamt ist die beschriebene Strohbonitur jedoch nach wie vor die sicherste Methode, um Druschverluste zu bestimmen.

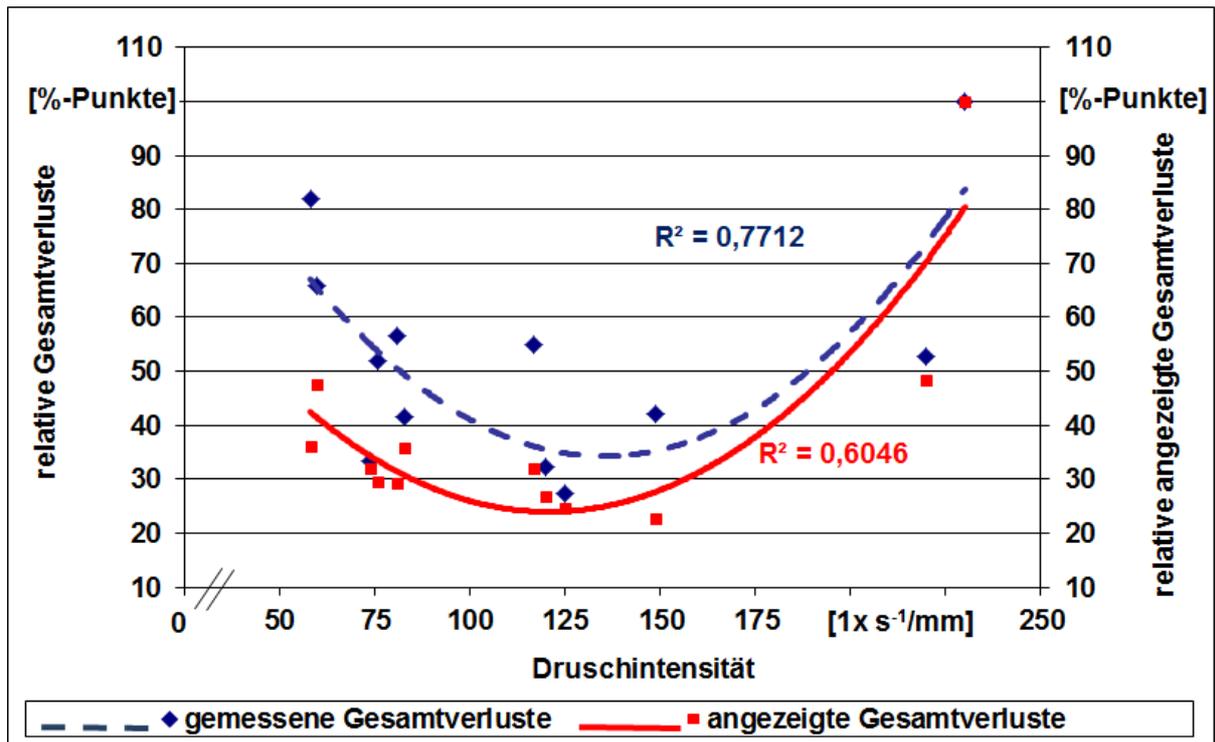


Abb. 14: Relative gemessene und angezeigte Gesamtverluste über der Druschintensität bei einem Hybrid-Mähdrescher [nach: 6]

Eine hohe **Überkehrmenge** hat hohe Bruchkornanteile zur Folge, gleichgültig, ob der Mähdrescher mit Rückführung der Überkehr zum Dreschwerk oder mit Nachdrescher ausgerüstet ist. Denn die bereits ausgedroschenen Körner werden bei beiden Systemen nochmals mit Kräften beaufschlagt, was einen erhöhten Körnerbruch bewirkt. Daher sollte bei der Mähdreschereinstellung grundsätzlich die Überkehrmenge minimiert werden. Der Einstellassistent CEMOS [10] weist auf diese Einflüsse hin.

Und schließlich der **Bruchkornanteil** selbst, lässt sich durch angepasste Einstellung und bei passendem Durchsatz erfahrungsgemäß und aufgrund der hier vorgestellten Ergebnisse meistens problemlos unter den Grenzwert von 3 % bringen. Je höher der Vollkornanteil einer Probe, desto geringer ist unter sonst gleichen Bedingungen der Bruchkornanteil. Daher kann eine Siebanalyse im Feld hier hilfreich sein. Die Analyse per Schüttelsieb empfiehlt sich zur indirekten, tendenziellen Erfassung des Bruchkornanteils sowie zur Bestimmung der Kornqualität. Die Ergebnisse können sowohl Einstellkorrekturen am Mähdrescher hilfreich sein, als auch für Vorhersagen bezüglich möglicher Chargenbewertungen durch den Handel dienen.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen eindeutig, dass der **relative Bruchkornanteil in den Körnerverlusten** zumindest bei den untersuchten Mähdreschern „Schüttlermaschine mit Schnecken-Vorbereitungsboden und Reinigung mit Vorsieb“ sowie „Hybrid-Mähdrescher mit Beschleuniger-Dreschwerk“ viel geringer ist als bisherige Literaturangaben aussagen. Dies bestätigt nochmals bereits publizierte Aussagen [8, 9]. Einfach ausgedrückt: Bezüglich des Bruchkornanteiles befindet sich bei diesen Mähdreschern mindestens 80 bis sogar über 90 % „der Wahrheit“ im Bunker. Pau-

schalaussagen bezüglich der Wirtschaftlichkeit von Mähdreschern aufgrund eines Bruchkornanteils, der einem fiktiven Bruchkornanteil in den Verlusten gleich gesetzt wird, sind daher unglaubwürdig bzw. unrealistisch.

Es ist im Sinne der Ertragsmaximierung auf jeden Fall sinnvoll, den Bruchkornanteil zu minimieren. Dies gilt jedoch nur für Ernten, in denen genügend Zeit vorhanden ist, die Ernte mit maximaler Qualität und minimalen Verlusten einzubringen. Hier gilt noch immer: Bei einem Ertrag von 9 t/ha betragen die monetären Verluste bei 1 % Körnerverluste lediglich 90 kg/ha multipliziert mit schwankenden Tagespreisen, also bei Preisen von 200 bis 250 €/t insgesamt 18 bis 22,5 €/ha. Und die Kornqualitätskriterien gemäß BLE [3] lassen sich erfahrungsgemäß durch eine Einstelloptimierung einhalten. Hier bietet die Industrie seit 2009 eine Einstellhilfe, das Intelligent User Interface von New Holland oder einen Einstellassistenten, das CEMOS von Claas [10] an.

Viel gravierender als die Kornqualität wirken Ausfälle durch nicht termingerecht geerntetes Getreide auf die Wirtschaftlichkeit des Mähdrusches, wie die Ernte 2010 eindrucksvoll bewiesen hat [11]. Denn die Preisdifferenz zwischen Brot- und Futtergetreide betrug bis zu 70 €/t – das ergab bei einem durchschnittlichen Durchsatz von 20 - 40 t/h (Dreschwerkstunde) bei Mähdreschern der oberen Leistungsklassen 1400 - 2800 €/h entgangenen Erlös für nicht pünktlich geerntetes Brotgetreide, das später als Futtergetreide verkauft werden musste. Die Erfahrungen zeigen, dass in Jahren mit schwierigen Ernteverhältnissen die Einsatzsicherheit eines Mähdreschers und seine Leistungsstabilität wirtschaftlich von viel größerer Bedeutung sind als das Maximieren der Kornqualität.

Bei Futtergetreide und eigenbetrieblicher Verwendung werden die Kümmerkörner gerne mitgeerntet, denn sie haben einerseits einen Futterwert und andererseits läuft dann weniger Ausfallgetreide auf. Doch ein damit verbundener, oft zu hoher Spelzenanteil führt zu Problemen bei der Belüftung im Lager. Die Belüftungsluft nimmt Wege des geringsten Widerstandes um die Schüttkegel mit den abdichtenden Spelzen herum und es kommt zu ungleichmäßiger Durchlüftung mit der Folge von Qualitätsverlusten vor allem bei grenzfeuchtem Getreide. Deshalb soll möglichst gut entspelzt werden. Dann ist häufig ein Zielkonflikt gegeben: Da sich Kümmerkörner in der Regel schwierig entspelzen lassen, wird einerseits schärfer gedroschen, was andererseits aber zu erhöhten Bruchkornanteilen beim Vollkorn führen kann. Hier kann es im Extremfall bei engem Dreschspalt sogar sinnvoll sein, den Entgranner zuzuschalten, um die Reibung im Dreschwerk zu erhöhen, bei gleichzeitiger Verringerung der Trommeldrehzahl, um das Anschlagen des Kornes an Dresch- und Korbleisten zu reduzieren.

Zur Rapsernte ist es auf jeden Fall sinnvoll, die Bestände durchreifen zu lassen. Die Erfahrungen aus 2010 zeigen, dass die Platzfestigkeit der Schoten bei bis zur Abreife gesundem Raps erstaunlich hoch war. Viele Chargen, die erst Ende August geerntet werden konnten, wiesen zwar bereits erheblichen Auswuchs auf, jedoch trotz der

Unwettereinflüsse mit der Folge von Lager nur sehr geringe Anteile an geplatzen Schoten. Durchgereifte Rapsbestände lassen sich mit geringen Einstellkorrekturen bei geringen Dreschwerkdrehzahlen und mit großen Dreschspaltweiten sehr verlustarm ernten. Dann sind, wie die Untersuchungen zeigen, Bruchkornanteile von bis zu Null möglich. Auch hier kann eine Analyse per Schüttelsieb hilfreich sein, um die Mähdreschereinstellung zu optimieren und Überraschungen beim Handel zu vermeiden. Angenommen der Besatz und der von der Reinigung abgeschiedene Bruchkornanteil betragen jeweils 3 %, so entspricht dies bei einem Preis von 400 €/t einer Erlösminderung von insgesamt 4 %, also immerhin 16 €/t.

Raps sollte daher nicht zu scharf gedroschen, sondern nur geklopft werden. Oft wird das Dreschwerk aus Furcht vor Verstopfungen viel zu scharf eingestellt. Oder bis zum Anschlag geöffnete Dreschkörbe werden aus denselben Gründen gemieden. Wird jedoch der Bestand vorsichtig angefahren und die Fahrgeschwindigkeit erst erhöht, wenn das Erntegut gleichmäßig zum Einzugskanal gefördert wird, so kommen Verstopfungen kaum vor. Je länger die Stoppel und je gleichmäßiger und weiter der Bestand abgereift ist, desto sanfter kann das Dreschwerk eingestellt werden, desto mehr weicht die Einstellung von der Standardeinstellung des Herstellers ab.

Mögliche Verluste durch gebrochenes Korn sollten auch beim Raps nicht überbewertet werden. Denn je nach Druschsystem betragen die Bruchkornanteile selbst bei Standardeinstellung unter 1 %. Ein relativer Bruchkornanteil in den Körnerverlusten von 20 bis 30 % ist dann monetär kaum nennenswert.

Nutzer von Neu-Mähdreschern bemängeln vor allem in Jahren mit trockenen Erntebedingungen zu hohe Bruchkornanteile. Dies ist dann durch die Scharfkantigkeit von Dreschleisten oder –segmenten und Korbleisten bedingt. Hier kann nur eine sanftere Einstellung als die Standardeinstellung des Herstellers Abhilfe schaffen. Bei abgenutzten Verschleißteilen muss entsprechend schärfer gedroschen werden. Um dieses bei Neu-Mähdreschern erhöhte Bruchkornanteilrisiko zu verringern, empfiehlt es sich, die Verschleißteile in unterschiedlichen Erntejahren gegen Neuteile zu ersetzen, also nicht Dreschleisten und Dreschkorb oder Korbleisten gleichzeitig zu erneuern.

8. Zusammenfassung

Bei der Beurteilung von Mähdreschern ist die Kornqualität in den vergangenen Jahren verstärkt in den Focus von Landwirten und Marketing der Hersteller geraten. Dabei stellt sich u. a. die Frage, wie hoch der Anteil an gebrochenem Korn und Bruchstücken in den Körnerverlusten in Relation zum Gesamt-Bruchkornanteil ist. Ältere Ergebnisse weisen eine Relation zwischen Bruchkorn im Bunker zu Bruchkorn in den Körnerverlusten von 1 : 1 aus. Bei hohen Bruchkornanteilen, wie sie beispielsweise

in Prüfberichten von Mähdreschern ausgewiesen wurden, erscheint dieses Verhältnis jedoch unrealistisch.

Die unterschiedlichen Methoden der Bruchkornanalyse von der Schätzung über das beim Handel übliche Sieben (Größenfraktionierung) bis hin zur Handauslese im Labor haben verschiedene Ergebnisse zur Folge, die nicht, oder wenn überhaupt nur indirekt miteinander vergleichbar sind. Die Schnellsiebanalyse im Feld zeigt zwar nicht den realen Bruchkornanteil, ihr Ergebnis ist jedoch für eine Prognose der Chargenbewertung durch den Handel und für die Einstelloptimierung des Mähdreschers hilfreich.

An einem Schüttler- und einem Hybrid-Mähdrescher wurden Untersuchungen zur Bestimmung von Kornqualität und Beschaffenheit der Körnerverluste durchgeführt. In einigen Versuchsgliedern wurde bewusst mit scharfer Dreschwerkeinstellung geerntet, um hohe Bruchkornanteile zu provozieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bruchkornanteile in den Körnerverlusten am Gesamt-Bruchkornanteil bei der Schüttlermaschine in der Weizenernte im Mittel weniger als 20 % und bei der Hybridmaschine in der Weizen- und Gerstenernte weniger als 10 % betragen. Der Anteil an Bruchkorn in den Körnerverlusten ist auch von der Dreschwerkeinstellung und der damit einhergehenden unterschiedlichen Höhe des Gesamt-Bruchkornanteils abhängig. Die Gebläsedrehzahl hat verglichen mit der Dreschwerkeinstellung keinen nennenswerten Einfluss auf die Höhe der Bruchkornanteile in den Körnerverlusten.

Die Ergebnisse verdeutlichen eindrucksvoll, dass ein pauschaler Ansatz bezüglich der Bruchkornanteile in den Körnerverlusten eines Mähdreschers nicht praktikabel und das oft deklarierte Verhältnis von 1 : 1 (Bruchkorn im Bunker : Bruchkorn in den Körnerverlusten) bei den untersuchten Mähdreschern unrealistisch ist. Im Vergleich zu den wirtschaftlichen Einbußen bei unpünktlicher Ernte mit geringeren Qualitäten wie im Jahre 2010 sind die möglichen Einbußen durch Bruchkornanteile über 3 % gemäß BLE und die jeweiligen Bruchkornanteile in den Körnerverlusten als marginal zu bewerten.

9. Literatur

1. BULLWINKEL, S.: Der Einfluss der Einstellung des Dreschwerkes eines Schüttler-Mähdreschers auf den Bruchkornanteil im geernteten Korn unter besonderer Berücksichtigung der vom Landwirt geschätzten und im Labor gemessenen Anteile. Bachelorarbeit, Fachhochschule Bingen 2011
2. BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG: Probenahmebestimmungen für die Übernahme von Getreide (außer Mais) zur Intervention – gültig ab dem 01.11.2010
3. BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG: Richtlinien zur Durchführung der Intervention von Getreide für das Geschäftsjahr 2010/2011

4. FEIFFER, A.: Druscheignung und Mähdrescherleistung. Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin, 2009, RKL, Forschungsbericht Landtechnik Nr. 2, ISBN-Nr.978-9811920-2-5
5. FISCHER, D.: Untersuchungen zur Druschleistung eines Schüttler-Mähdreschers unter Berücksichtigung der Arbeitsqualität – eine Alternative zur konventionellen Verlust-Durchsatzkennlinie? Masterarbeit mit Sperrvermerk, Universität Hohenheim (/FH-Bingen) 2007
6. MAYER, W.: Der Einfluss der Einstellung des Mähdreschers auf die Kornqualität und die Zusammensetzung der Körnerverluste bei Weizen, Gerste und Raps. Bachelorarbeit mit Sperrvermerk, Fachhochschule Bingen 2011
7. RADEMACHER, TH.: Sanftes Dreschen schont das Korn. top agrar, Heft 7, 2004, S. 62 – 64
8. RADEMACHER, TH.: Dem Bruchkorn keine Chance. top agrar, Heft 7, 2008, S. 78 - 81
9. RADEMACHER, TH.: Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Mähdreschern unter Berücksichtigung von verschiedenen Parametern, insbesondere der Arbeitsqualität. VDI-MEG Kolloquium Mähdrescher. Heft Nr. 39, S. 76 – 85, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2007
10. RADEMACHER, TH.: Druschfruchternte – zukünftig nur noch mit Expertensystemen? Rationalisierungskuratorium für Landwirtschaft (RKL), RKL-Schrift 41414, Mai 2010, S. 797 – 831
11. RADEMACHER, TH.: Schneller als der Regen. DLG-Mitteilungen, Heft 5, 2011, S. 36 - 38
12. VOLKMAR, J.: Der Einfluss einer optimierten Einstellung auf das Arbeitsergebnis des Mähdreschers. Bachelorarbeit mit Sperrvermerk, Fachhochschule Bingen 2010
13. WICKE, P.: Bruchkorn- und NKB-Anteile in Kornproben verschiedener Mähdrescher in unterschiedlichen landwirtschaftlichen Betrieben. Projektarbeit, Fachhochschule Bingen 2011
14. WOLLESEN, J.: Beschreibung der transportablen Schüttelbox. <http://www.agri-broker.de/dedi/projekt01/index.php?idcatside=112&sid=47a5c37aa2c6ff848a869dd773180ac0>. 01/2010

Danksagung: Für ihr Engagement bei den umfangreichen Einzeluntersuchungen sei den ehemaligen Studierenden, den Herren Bullwinkel, Fischer, Mayer, Volkmar und Wicke sowie meinem Sohn Daniel gedankt. Die Proben an den Mähdreschern wurden auf den Flächen der Betriebe Kremer GbR in Bergen sowie Agrarprodukte Schwabhausen genommen. Die damit verbundenen Umstände duldet nicht jeder Betrieb – vielen Dank. Und den Firmen Claas und John Deere sei für die Unterstützung und die gute Zusammenarbeit gedankt.