



Quelle: agrarfoto.com

# NEUES BONITURSYSTEM FÜR MAISSTOPPELBEARBEITUNG ZUR ANWENDUNG IN DER PRAXIS

Joachim Brunotte und Hans Voßhenrich, Braunschweig

Die hier beschriebene Anleitung soll dem praktizierenden Landwirt eine Orientierungshilfe im erfolgreichen Anbau von Mais und der Folgefrucht bieten. Die Zweiteilung der Bonitur – erstens in die Analyse der Rahmenbedingungen vor dem Einsatz des Mulchers und zweitens in die Bewertung des Arbeitsergebnisses nach dem Einsatz – liefert die notwendigen Informationen über das Zusammenspiel der wichtigen Wirkungsmechanismen bei der Feldhygiene.

Die Rahmenbedingungen für den Einsatz des Mulchers sind entscheidend für den Arbeitserfolg. Nur auf ebenen, spurenfreien Flächen ist eine gute Arbeitsqualität der Mulchertechnik möglich. Die Grundlage dazu wird bereits durch eine sorgfältige Bodenbearbeitung und Bestellung gelegt:

- Maisstoppeln, die auf leichten Dämmen stehen (z.B. durch die konvexe Form der Farmflexrolle am Einzelkornsägerät), lassen sich durch die rotierenden Werkzeuge eines Mulchers bodennah leicht erfassen, anders dagegen Stoppeln,

die in Mulden/Vertiefungen stehen und von den Schlegelwerkzeugen des Mulchers ohne Bodenkontakt nicht zu erreichen sind.

- Neben der Exposition der Stoppel ist die innere Stabilität entscheidend für den Erfolg. Eine feststehende Stoppel bietet den nötigen Widerstand, um aus dem Stand heraus zerkleinert zu werden. Eine abgeknickte Stoppel leistet weniger Widerstand und kann dem Rotor leichter ausweichen, insbesondere wenn in Fahrtrichtung des Silomaishäckslers gefahren wird. Wird gegenläufig gearbeitet,

richtet der Rotor die Stoppeln auf und zerkleinert sie vollständig. Eine abgebrochene, liegende Stoppel wird bei Berührung nach vorn geschleudert oder wird erst gar nicht erfasst, insbesondere wenn sie etwa in einer Mulde oder Fahrspur liegt.

- Abgesehen von ihrem Zustand (fest, abgeknickt, abgebrochen), kann noch die Länge der Stoppel zum limitierenden Faktor werden. Ist sie zu lang (z.B. > 25 cm), kann sie leicht von der Vorderkante des Mulchergehäuses abgeknickt werden und wird dann vom Rotor nicht erfasst. Bei einer Stoppellänge von < 25 cm erfolgt in der Regel kein Abknicken, sodass eine erfolgreiche Zerstörung stattfindet. Fährt man den Mulcher „mit offenem Biss“, d.h. wird die vordere Kante durch den Oberlenker etwas hochgezogen, verbessern sich insgesamt die Bedingungen für die Zerkleinerung.

### **Bewertung der Rahmenbedingungen**

Für die oben beschriebenen Rahmenbedingungen, die der Stoppelacker vor Einsatz des Mulchers aufweist, erfolgt eine Bewertung (Abbildung) in 3 Stufen (+/0/-).

#### **1 Ackeroberfläche nach der Bestellung**

Positiv bewertet (+) werden Reihen, in denen die Stoppeln auf Dämmen stehen und dadurch vollständig durch den Mulcher zu erfassen sind. Neutral bewertet (0) werden eben verlaufende Reihen, negativ (-) in einer Mulde oder Fahrspur verlaufende Stoppelreihen. Für eine Bonitursentscheidung werden 20 Reihen bonitiert und 20 Bewertungen (n = 20) für die Spalten „Dämme, Mulden und Ebenheit“ in der vorgegebenen Zeile eingetragen.

#### **2 Habitus Maisstoppeln**

Fest stehende Stoppeln werden mit „+“ bewertet. Abgeknickte, aber noch annähernd stabil stehende Stoppeln (bei Kontakt mit der Hand geben sie nach, gehen aber beim Loslassen wieder zurück in die Ausgangslage)

sind neutral (0) und am Boden liegende Stoppeln als negativ (-) bewertet. Für eine Entscheidung sollten in 10 Reihen jeweils 5 Stoppeln bonitiert und 50 Bewertungen (n = 50) in die drei sich anschließenden Spalten „Habitus Maisstoppeln“ eingetragen werden.

#### **3 Länge der Stoppeln**

Positiv (+) bewertet werden Stoppellängen unter 25 cm, negativ (-) Stoppellängen über 25 cm – letztere laufen Gefahr, durch die Vorderkante des Gerätegehäuses abgeknickt/abgebrochen zu werden. Für eine Entscheidung werden 50 Stoppeln, verteilt über 10 Reihen gezählt und 50 Bewertungen (n = 50) in die Spalte „Stoppellänge“ eingetragen.

Ein Einsatz des Mulchers wird empfohlen, wenn die Summe der Bewertungen im positiven Bereich zwischen +20 und +120 rangiert. Von einem Einsatz wird abgesehen, wenn die Summe im negativen Bereich zwischen -20 und -120 liegt. Die entstehenden Kosten von 30 bis 40 €/ha stehen dann in keinem vertretbaren Verhältnis zum Arbeitserfolg.

#### **Arbeitsergebnis nach Einsatz des Mulchers**

Die Art der Zerstörung einer Maisstoppel etwa nach der Silomaisernnte, aber auch des gesamten Stängels nach der Körnermaisernnte, ist für den Befall und das Überleben von Schädlingen von Bedeutung. Die Überlebenschancen des Maiszünslers in Abhängigkeit von dem Zerstörungsgrad eines Stängelsegmentes sind in der Literatur noch nicht abschließend geklärt. Unbestritten ist aber, dass mit zunehmendem Zerstörungsgrad generell die Überlebenschancen der Schädlinge abnehmen und die Verrottung beschleunigt wird. D.h., die mit dem Mulchen beabsichtigte Vorsorge wirkt in zwei Richtungen: Minderung des Gefährdungspotenzials einmal durch Schädlinge und zum anderen durch pilzliche

# Rahmenbedingungen vor Mulchereinsatz bei Mais

## Ackeroberfläche nach Bestellung

Dämme - konvex	Ebenheit - überwiegend eben	Mulden - konkav	Stoppeln - fest	Stoppeln - abgeknickt	Stoppeln - abgebrochen (Fahrspur)	stehende Stoppeln
+	O	-	+	O	-	- +
n= 20 Reihen ohne Fahrspureinfluß			n= 50 Stoppeln aus 1 Reihe			n= 50 Stoppeln aus 10 Reihen

## Habitus Maisstoppeln

stehende Stoppeln	Stoppeln - abgeknickt	Stoppeln - abgebrochen (Fahrspur)	stehende Stoppeln

## Stoppellänge

## Berechnung

Ackeroberfläche nach Bestellung n= 20 Reihen ohne Fahrspureinfluß	Habitus Maisstoppeln n= 50 Stoppeln aus 1 Reihe	Stoppellänge n= 50 Stoppeln aus 10 Reihen
+		
O		
-		
<b>Z.B. + 0</b>	<b>+25</b>	<b>+30 =55</b>

  

<b>Ergebnis</b>	-120 bis -20	Mulchen nicht empfohlen
	-20 bis +20	neutral
	+20 bis +120	Mulchen empfohlen

  

Arbeitsergebnis nach Mulchereinsatz n= 50 Stoppeln		
=		
-		
O		
+		
++		
<b>Z.B. -4 -5 +0 +3 +70</b>	<b>+70</b>	<b>=64</b>

  

<b>Ergebnis</b>	>50 = <b>Vorsorge erfolgreich</b>
	30 bis 50 = zufriedenstellend
	<30 = <b>Vorsorge verbessern</b>

## Arbeitsergebnis nach Mulchereinsatz

- Stoppel heile - Stirnseite geschlossen	- Stoppel verletzt - Stirnseite(n) offen	- Stoppel aufgeschlitzt - Stirnseite(n) geschlossen	- Stoppel seitlich offen - Stirnseite(n) offen	- Stoppel seitlich offen - komplett zerfasert
--	-	O	+	++
n= 50 Stoppeln				



THÜNEN

PD Dr. habil. Joachim Brunotte | PD Dr. habil. Hans Voßhenrich  
M. Sc. Jano Anter

Institut für Agrartechnologie

Johann Heinrich von Thünen-Institut (ITI)

Bundesallee 50 | 38116 Braunschweig

Tel 05 31 / 5 96 44 94 | Fax 05 31 / 5 96 41 99

Krankheiten. Natürlich können durch den Anwender auch eigene Bewertungsschwerpunkte gesetzt werden und das Boniturschema dahingehend verändert werden.

Die Bonitur des Arbeitsergebnisses nach dem Mulchereinsatz (Abbildung) fokussiert sich auf die Art der Zerstörung, z.B. Stoppel „unbeschädigt“ oder „aufgeschlitzt“, nicht einbezogen wird der Zerkleinerungsgrad – er ist verantwortlich für die Einarbeitungsqualität der Reststoffe. Teilchen < 5 cm lassen sich physikalisch besser einarbeiten als solche > 10 cm, sie schwimmen an der Oberfläche. Je mehr die Reststoffe in der Oberkrume mit Boden umgeben sind, umso höher ist die Rottegeschwindigkeit. Der Übertragung von Pilzen (z.B. Mykotoxine bei Weizen) wird damit bestmöglich vorgebeugt. Es empfiehlt sich deshalb, auf dem Boniturblock am Rand eine Notiz zum Zerkleinerungsgrad vorzunehmen, da er im Wesentlichen die Qualität der Folgebearbeitung mitbestimmt.

### **Bewertung des Arbeitsergebnisses**

Für die oben beschriebenen Kriterien zum Arbeitsergebnis erfolgt eine Bewertung in 5 Stufen (++/+0/-/-). Für eine Boniturrentscheidung werden 50 Stoppeln aus 10 Reihen ausgewählt und 50 Bewertungen (n = 50) auf die 5 Spalten von „Stoppel heile“ bis „Stoppel seitlich offen“ verteilt.

Für die Bewertung des Arbeitsergebnisses des Mulchers ist der Grad der Zerstörung der Stoppeln maßgeblich. Dieser reicht vom unbeschädigten bis zum völlig zerlegten, zerfaserten Segment. Das unbeschädigte Segment ist ein heiler Stängelabschnitt mit intakten Knoten an beiden Stirnseiten (--). Ein unbeschädigter Stängelabschnitt kann auch zwei oder mehr Segmente umfassen. Entscheidend sind die durch intakte Knoten geschlossenen Stirnseiten, wodurch ein geschlossener, geschützter Innenraum entsteht. Die erste Stufe der Zerstörung weist bei heilem Stängelabschnitt eine oder zwei offene Stirnseiten auf (-), ver-

ursacht durch die Zerstörung eines bzw. zweier Knoten. Ein zwischen den unbeschädigten Stirnseiten aufgeschlitzter Stängel beschreibt die nächsthöhere Stufe der Zerstörung (0). Es folgt eine Zerstörungsstufe, die beide Merkmale, Stängel aufgeschlitzt und Stirnseite(n) offen noch übertrifft, sobald Teile seitlich aus der Stoppelwand herausgebrochen sind und das Stoppelinnere offenliegt (+). Der höchste Grad einer Zerstörung ist erreicht, sobald zwischen den Stirnseiten mehr als 30 Prozent der Stängelwand herausgebrochen oder das Stängelsegment darüber hinaus zerfasert und völlig zerlegt ist (++).

Weist die Bonitur des Arbeitsergebnisses nach Aufsummieren einen positiven Wert auf, so wird die Vorsorge als erfolgreich eingestuft, ist sie negativ, so besteht Handlungsbedarf: Rahmenbedingungen und Mulchereinsatz müssen optimiert werden. D.h. Gründe für ein schlechtes Mulchergebnis sind nur anteilig dem Mulcher zuzuschreiben, wenn zuvor die Rahmenbedingungen für seinen Einsatz suboptimal waren.

### **Fazit**

Um mit diesem Boniturschema eine Verbesserung des Arbeitserfolges von Schlegelmulchern zu erreichen, sind im ersten Schritt die Rahmenbedingungen in Bezug zur Ackeroberfläche zu beschreiben. Im zweiten Schritt ist das Arbeitsergebnis zur Zerstörung der Maisstoppeln nach erfolgtem Geräteinsatz zu bewerten. Diese Zweiteilung in der Vorgehensweise ist wichtig, da beide Einflüsse den Arbeitserfolg limitieren können und nur ihre getrennte Betrachtung ein differenziertes Ergebnis liefert.

*Ein Klemmbrett mit den notwendigen Unterlagen zur Durchführung der Bonitur für die Praxis kann bei den Autoren bestellt werden.*

PD Dr. habil. Joachim Brunotte und  
PD Dr. habil. Hans Voßhenrich  
Thünen-Institut für Agrartechnologie  
38116 Braunschweig  
Telefon: 531 596 4494  
joachim.brunotte@thuenen.de

## DEN MULCHER RICHTIG EINSTELLEN!

Hans Voßhenrich und Joachim Brunotte, Braunschweig

Für die Effizienz einer Stoppelaufbereitung spielt die Abstimmung zwischen Mulcher und Stoppel eine entscheidende Rolle. Dazu wurde in einem Feldversuch die Zerkleinerungswirkung eines Schlegelmulchers in Abhängigkeit von der Stoppellänge und dem Stoppelzustand auf die Arbeitsqualität untersucht (Tabelle).

Ein sehr gutes Ergebnis wurde bei unverletzter Stoppel mit 18 cm Stoppellänge erzielt. Es wurden 100 Prozent der Stoppeln durch den Rotor erfasst und gemulcht, bei 35 cm Stoppellänge dagegen nur 81 Prozent. Waren die Stoppeln durch den Erntevorgang verletzt, etwa angeknickt oder teilentwurzelt und damit nicht mehr in vollem Umfang standfest (Abb. 1), so wurden bei 18 cm Stoppellänge nur noch 92 anstatt 100 Prozent und bei 35 cm Stoppellänge nur noch 70 anstatt 81 Prozent sicher durch den Rotor erfasst und gemulcht. Länge und Zustand der Maisstoppeln beeinflussen demzufolge das Mulchergebnis erheblich.

Überragt die Stoppelhöhe die Höhe des Eingangstunnels am Mulcher, so wird, vermutlich unterschiedlich nach Sorte und Abreife, ein Teil der Stoppeln abgeknickt oder teilentwurzelt. Dies beeinträchtigt den Mulcheffekt

insbesondere bei 35 cm langer Stoppel. Es erscheint also sinnvoll, Tunnelhöhe am Mulcher und Stoppellänge bei der Ernte aufeinander abzustimmen.



Die Position der Stützwalze wurde in dem Versuch nicht variiert. Um einem abnehmenden Zerkleinerungsgrad mit zunehmender Stoppellänge entgegenzuwirken, empfiehlt es sich bei verstellbaren Stützwalzen, diese so weit wie möglich nach hinten zu positionieren. Für die Intensität der Stoppelzerkleinerung ist auch der Abstand der Schlagleiste zum Rotor von Bedeutung. In einem Praxisversuch auf Rapsstoppeln bewirkte das Verstellen des Schlag-

Abb. 1: Bei Maisernte teilentwurzelt und abgeknickte Stoppeln, Ernterichtung durch Pfeil angezeigt

**Tabelle: Anteil gemulchter Stoppeln (%) in Abhängigkeit von Stoppellänge und -zustand (Tunneleingangshöhe 30 cm)**

Kurzstoppel (18 cm)		Langstoppel (35 cm)	
Stoppelzustand nach der Maisernte			
unverletzt Stand fest	verletzt Stand labil	unverletzt Stand fest	verletzt Stand labil
Anteil der gemulchten Stoppel			
100%	92%	81%	70%



leistenabstands zwischen 70 mm und 10 mm ein Halbieren der Teilchengrößen und lieferte damit ein überzeugendes Ergebnis (Abb. 2).

Variiert wurde auch die Arbeitsgeschwindigkeit, abgestuft auf 6, 8 und 10 km/h. Diese Versuchsvariante hatte aber wider Erwarten keinen nennenswerten Effekt auf das Arbeitsergebnis. Vergleichbare Untersuchungen mit Variation des Schlagleistenabstandes und der Arbeitsgeschwindigkeit bei Maisstoppeln liegen noch nicht vor. Der Effekt auf das Mulchergebnis dürfte aber ein ähnlicher sein. In der praktischen Landwirtschaft werden Op-

timierungsarbeiten an den Geräten zur Verbesserung der Arbeitsqualität wegen des Arbeitsaufwands häufig nicht durchgeführt. Der Anwender ist aber gut beraten, sich Zeit zu nehmen, um für jeden Einzelfall die optimale Einstellung zu finden. Hier helfen zukünftig hydraulische Verstellmöglichkeiten, die auf der Agritechnica 2017 vorgestellt werden.

Abb. 2: Abnehmende Stängelsegmentelänge bei Raps nach Schlagel-Mulchereinsatz in Abhängigkeit von weitem, mittlerem und engem Abstand zwischen Schlagleiste und Rotor

PD Dr. habil. Hans Voßhenrich und  
PD Dr. habil. Joachim Brunotte  
Thünen-Institut für Agrartechnologie  
38116 Braunschweig  
Telefon: 531 596 4469  
hans.vosshenrich@thuenen.de



Quelle: landpixel

# NEUES BONITURSYSTEM FÜR DIE MAIS-STOPPELBEARBEITUNG ZUR ANWENDUNG IN DER WISSENSCHAFT

Hans Voßhenrich, Jano Anter und Joachim Brunotte, Braunschweig

Die zunehmenden Ansprüche an die Hygiene in der Bodenbearbeitung erfordern ein objektives System der Bewertung, mit dem es gelingt, die Arbeitsqualitäten von Mulchern auch unter wissenschaftlichen Aspekten zu betrachten. Die Anforderungen unterscheiden sich erheblich von denen, wie sie die Praxis verlangt. Hierzu wird ein weiteres Bonitursystem vorgestellt.

Vor dem Einsatz des Mulchers wird die Stoppellänge nach der Maisernte ermittelt, um die Ausgangslage zu kennen. Nach dem Einsatz des Mulchers wird eine 1-m<sup>2</sup>-Probe aufgesammelt und im Labor auf Gleichgewichtsfeuchte getrocknet (60 Prozent rel. Luftfeuchte), um anschließend die Siebfractionen zu ermitteln. Das Sieben erfolgt mit einem Schwingsieb

(Abbildung) mit den Sieblochgrößen 64 bis 2 mm und den Siebfractionen 6 bis 1.

Im nächsten Schritt wird nach den in Tabelle 1 vorgegebenen Werten der Siebboniturfaktor ermittelt. Mit abnehmender Teilchengröße steigt der Siebboniturfaktor an. Die Fraktion 6 erhält mit „0“ die kleinste und die Fraktion 1 mit dem Faktor „1“ die höchste Bewertung.



Tab. 1: Siebboniturfaktor für die einzelnen Siebfractionen

Siebfraction	1	2	3	4	5	6
Sieblochdurchmesser	2 mm	4 mm	8 mm	16 mm	32 mm	64 mm
Siebboniturfaktor	1	0,9	0,8	0,6	0,3	0



bewerten: Schnitt gerade, schräg und zerfranst. Des Weiteren kann im Bedarfsfall der Einstich, z.B. durch Zünsler, sowie der Stängeldurchmesser mit erfasst werden, um potenzielle Zusammenhänge zwischen der Morphologie der Pflanze und dem Verhalten eines Schädlings herzustellen. Die dafür in Tabelle 3 vorgesehenen Spalten „Einstich“ und „Schnitt“ sind als Ergänzung für den Anwender gedacht und bleiben in der Bonitur unberücksichtigt. Das bonitierte Mulchmaterial wird nach Länge in die Tabelle 3 eingetragen und nach dem Boniturschlüssel (siehe Tabelle 2) verrechnet, indem die Punkte 0 (rot) bis 5 (grün) jedem einzelnen Objekt zugeordnet werden.

In die gelbmarkierten Felder der Tabelle 3 werden die Messwerte eingetragen. Die weißmarkierten Felder zeigen durch das System automatisch berechnete Werte.

Ein Spezialfall liegt vor, wenn Pflanzensegmente zusammenhängen mit zerstörten und unzerstörten Teilabschnitten. In diesem Fall wird jeder Teilabschnitt für sich bewertet. Die Tabelle sieht bis zu 3 Teilabschnitte für jede Boniturstufe vor. Die Gesamtlänge eines mehrteiligen Pflanzensegmentes, das mehrere Boniturstufen umfassen kann, ist in der Spalte „ $\Sigma$  Länge (cm)“ abzulesen (siehe Tabelle 3).

Das System kennt jetzt die Teil- und Gesamtlänge aller bonitierten, da nicht komplett zerstörten Teilchen aus den Siebfraktionen 5 und 6. Die Gesamtmasse dieser bonitierten Teilchen wird gewogen und in die Spalte „Gewicht (g)“ eingetragen. Jetzt kennt das System den Zusammenhang zwischen Länge und Gewicht. Alle restlichen, nicht nach Länge bonitierten Teilchen der Siebfraktionen 5 und 6, die der Boniturstufe 5 in der Tabelle 3 zugeteilt werden, können über ihre ermittelte Masse eingetragen werden. Das gleiche gilt für die Teilchen der Siebfraktion 1-4, die allesamt der Boniturstufe 5 zugeordnet werden. Damit ist die Gesamtmasse der Ausgangsprobe (alle Siebfraktionen) erfasst und auf die intakte

Stufe 0 und die 5 Zerstörungsstufen absolut und relativ verteilt.

Mithilfe des in Tabelle 2 beschriebenen Strukturboniturfaktors lassen sich nun die Strukturboniturstufen (0–10) der Gesamtprobe berechnen, indem die prozentuale Verteilung ( $100\% \triangleq 1$ ) der einzelnen Boniturstufen (0–5) mit dem Boniturfaktor (0–10) multipliziert und abschließend die Produktsumme gebildet wird. Diese so ermittelte Strukturboniturstufenzahl beschreibt den Zustand/Zerstörungsgrad der Probe unabhängig von der Teilchengröße. Die Größe der Teilchen findet ihre Berücksichtigung im Gesamtboniturergebnis.

Das Gesamtboniturergebnis ist das Produkt aus dem Siebboniturfaktor der Gesamtprobe und der Strukturboniturstufenzahl. Der Wert rangiert von 0–10.

### Fazit

Erntereststoffe auf dem Acker haben viele positive Funktionen, wie z.B. Humusaufbau, Nahrung für Bodenleben, Strukturaufbau und Vermeidung von Bodenerosion. Auf der anderen Seite kann eine Übertragung von Schädlingen und Krankheiten auf die Folgekultur erfolgen. Vor diesem Hintergrund ist ein Nacherntemanagement, was die Aufbereitung der Reststoffe zum Ziel hat, im Sinne der Vorsorge außerordentlich wichtig. Die Zerkleinerung und Zerstörung von organischen Ernteresten übernehmen Sichel- und Schlegelmulcher. Nur bei einem hoch wirksamen Einsatz erwächst für den Praktiker ein Nutzen, den er bereit ist zu bezahlen. Zur Beurteilung dieses Nutzens helfen Boniturschemata, die die Rahmenbedingungen, den Zerkleinerungs- und Zerstörungsgrad quantifizieren.

PD Dr. habil. Hans Voßhenrich, Jano Anter  
und PD Dr. habil. Joachim Brunotte  
Thünen-Institut für Agrartechnologie  
38116 Braunschweig  
Telefon: 531 596 4469  
hans.vosshenrich@thuenen.de