Josef Steininger

Diplomarbeit

an der Höheren Bundeslehr- und Forschungsanstalt
Francisco Josephinum
in Wieselburg

Ertragsvergleich zwischen Mulch- und Direktsaat bei Körnermais

Unter Betreuung von
Dipl.-Ing. Johann Barthofer
Dipl.-Ing. Roman Eibensteiner
Mag. Johann Wieser

Eingereicht am 11.05.2007

Vorwort

Ertragsoptimierung, Rationalisierung von Arbeitsgängen, Einsparung von Maschinen- & Arbeitskosten und das Interesse an der Findung neuer Maßnahmen und Produktionsabläufe in der Landwirtschaft sind seit je der Antrieb zur Entwicklung neuer Strategien in der landwirtschaftlichen Produktion.

Dieser Prozess ist bis heute noch nicht abgeschlossen. Die steigenden Energiekosten machen neue Produktionstechniken im Pflanzenbau gerade heute besonders interessant.

Als zukunftsorientierter Betriebsführer eines landwirtschaftlichen Betriebes war es bereits seit je ein großes Interesse meines Vaters nach neuen Möglichkeiten im Bereich des Pflanzenbaues zu suchen und Erfahrungen mit diesen zu sammeln. Daraus resultiert, unter anderem, dass der gesamte Betrieb bereits seit mehreren Jahren ohne Einsatz des Pfluges bewirtschaftet wird.

.

Ein besonderes Interesse gilt dabei dem Körnermais, da dieser neben Weizen und Raps die flächenstärkste Kulturart ist und die Futtergrundlage für die Schweinemast am Betrieb darstellt.

Zahlreiche Versuche verschiedener Anbauvarianten im Körnermaisanbau wurden seit dem Jahr 2003 durchgeführt. Die Ergebnisse der neuen Anbauvarianten lenkten nicht nur meine Aufmerksamkeit und die des Betriebsführers auf sich, sondern sorgten auch für großes Interesse seitens der landwirtschaftlichen Fachschule Mistelbach, der Saatgutfirma „Die Saat“ und vieler engagierter Landwirte.

Auch Jakob Erasmus, Maturant am Francisco Josephinum, der seine Praxiszeit in den Jahren 2003, 2004 und 2005 großteils auf unserem Betrieb absolvierte, ist an diesem Thema sehr interessiert. Das intensive Auseinandersetzen mit dieser Thematik bewegte ihn dazu einen Ertragsvergleich zwischen Direktsaat und konventioneller Saat bei Körnermais anzulegen.
Auch die Auswertungen dieses Versuches zeigten, dass der Verzicht auf den Einsatz des Pfluges, entgegen vielen Vorurteilen, nicht gleichbedeutend mit geringeren Deckungsbeiträgen ist und durchaus seine Bedeutung im Maisanbau hat.

Die Frage, die sich in weiterer Folge für den Betrieb stellte, war, ob sich auch ein **Unterschied zwischen den beiden Anbauvarianten Mulchsaat und Direktsaat** feststellen lässt.

Neben dem pflanzenbaulichen Aspekt wurde besonderes Augenmerk auf die betriebswirtschaftliche Auswertung gelegt.
So war es auch von Interesse, wie sich die unterschiedlichen Anbauvarianten auf den Deckungsbeitrag pro Hektar des Körnermaises auswirken und inwieweit davon der Deckungsbeitrag pro Mastschwein beeinflusst werden kann.

Diese Fragestellungen waren der Beweggrund eine Diplomarbeit mit dem Titel:
„Ertragsvergleich zwischen Mulch- und Direktsaat bei Körnermais“
zu erstellen.

Während dem Anlegen, Betreuen und Auswerten des Versuches ergaben sich jedoch noch viele weitere Fragen im Zusammenhang mit dem Thema, die ebenfalls behandelt wurden.

Zusammenfassend können folgende Punkte bzw. Hypothesen genannt werden, die im Rahmen meiner Diplomarbeit untersucht und behandelt wurden:

- Auffindung von pflanzenbaulichen Unterschieden zwischen den Anbauvarianten Mulchsaat und Direktsaat in der Körnermaisproduktion
- **Statistische Auswertung der Erträge zur Auffindung von produktionsverfahrensbedingten Ertragsunterschieden**
- Deckungsbeitragsvergleich der beiden Anbauvarianten
- Berechnung des aggregierten Deckungsbeitrages für die Schweinemast am eigenen Betrieb
- Vergleich der Deckungsbeiträge pro Hektar Körnermais bei direktem Verkauf und der Veredelung des erzeugten Körnermaises über die Schweinemast

Aus der Diplomarbeit wird nun das Kapitel „Statistische Auswertungen“ (S. 88 – 99) wiedergegeben: (z.T. gekürzt)

Statistische Auswertungen

In Zusammenarbeit mit Herrn Mag. Wieser sowie Herrn Dipl.-Ing. Pechhacker wurde diese statistische Auswertung der Versuchsergebnisse durchgeführt. Die Datengrundlage, die diese statistische Auswertung und Berechnung möglich macht, bilden die bei der Ernte am Samstag, dem 14.10.2006, ermittelten Messwerte. Diese Daten (Hektarerträge bei Erntefeuchte) wurden zuerst im Kapitel Ertragsauswertungen auf die Hektarerträge bei der Vergleichsfeuchtigkeit von 14% H_2O umgerechnet, um diese untereinander repräsentativ vergleichen zu können, und in weiterer Folge mittels einer geeigneten Teststatistik (t-Test) ausgewertet und analysiert.

1.1 Allgemeine Vorgangsweise für alle statistischen Tests zur Prüfung von Hypothesen

1.1.1 Aufstellen der Nullhypothese (H_0)

Die Nullhypothese besagt allgemein, dass jeder auftretende Unterschied zufällig ist. Sie wird grundsätzlich bei allen statistischen Tests im Vorhinein aufgestellt und bildet die Kernaussage, die mithilfe der geeigneten Teststatistik analysiert, d.h.: angenommen oder verworfen werden soll.
Nullhypothese für einen Stichprobenvergleich bezüglich der Lokation: $H_0 = (\bar{x}_1 = \bar{x}_2)$

1.1.2 Festlegung der Irrtumswahrscheinlichkeit (α)

→ Den Fehler 1. Art begeht man, wenn die Nullhypothese (H_0) abgelehnt wird, obwohl sie richtig ist.
Die Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Art (α) bezeichnet man als Irrtumswahrscheinlichkeit.
$(1 - \alpha)$ wird als Sicherheitswahrscheinlichkeit bezeichnet.

→ Den Fehler 2. Art begeht man, wenn man die Nullhypothese (H_0) annimmt, obwohl sie falsch ist.

Die Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 2. Art (β) bezeichnet man als Risiko 2. Art.

$(1-\beta)$ ist die Wahrscheinlichkeit, keinen Fehler 2. Art zu begehen, und wird als Güte oder Macht eines Tests bezeichnet.

Bei statistischen Tests wird ausschließlich die Irrtumswahrscheinlichkeit (α) kontrolliert. Mit steigender Risikobereitschaft (größeres α) steigt die Schärfe – Nullhypothese (H_0) wird eher verworfen. Eine geringe Risikobereitschaft (kleines α) erfordert einen großen Stichprobenumfang.

Entscheidung über einseitige oder zweiseitige Fragestellung:

→ Eine zweiseitige Fragestellung wird angestellt, wenn grundsätzlich nicht bekannt ist, welche Wirkungen zu erwarten sind und positive wie negative Abweichungen interessieren.

→ Eine einseitige Fragestellung wird angestellt, wenn von einer Verbesserung ausgegangen wird bzw. uns nur ein positiver Effekt interessiert

Die Irrtumswahrscheinlichkeit (α) kann selbst festgelegt werden. In den meisten Fällen wird diese mit 5% ($\alpha = 0{,}05$) festgesetzt.

1.1.3 Versuchsdurchführung / Stichprobenziehung

Die Probeziehung muss zufällig und repräsentativ sein. Es bestehet ein Gewissenskonflikt zwischen den Untersuchungskosten (Größe der Stichprobe) und der Sicherheit bzw. Schärfe der Ergebnisse.

1.1.3.1 Wahl der geeigneten Teststatistik+ Berechnung derselben

1.1.3.2 Vergleich der Teststatistik bei festgelegter Irrtumswahrscheinlichkeit (α) mit kritischem Wert ⇒ $\boldsymbol{H_0}$ anehmen oder ablehnen

Die Nullhypothese (H_0) kann durch ihre Annahme nicht bewiesen werden, sondern sie zeigt lediglich ihre Übereinstimmung mit der Beobachtung.

1.2 Versuch

1.2.1 Zeichenerklärung

$\bar{x}_1$	Mittelwert Direktsaat in kg
$\bar{x}_2$	Mittelwert Mulchsaat in kg
n	Anzahl der Wiederholungen je Anbauvariante
s_1^2	Varianz Direktsaat
s_2^2	Varianz Mulchsaat
${s_d}^2$	Varianz der Differenz
$x_{11}, x_{12}, \dots$	Ertrag der 1. Direktsaatparzelle, …
$x_{21}, x_{22}, \dots$	Ertrag der 1. Mulchsaatparzelle, …

1.2.2 Statistische Auswertung des Versuches

1.2.2.1 Festlegung der Nullhypothese (H_0)

$H_0 = (\bar{x}_1 = \bar{x}_2)$

1.2.2.2 Festlegung der Irrtumswahrscheinlichkeit (2-seitig)

$\alpha = 5\%$

1.2.2.3 Versuchsdurchführung / Stichprobenziehung

1.2.2.4 Wahl der geeigneten Teststatistik + Berechnung derselben

t-Test (Teststatistik)

Mittels t-Test kann man überprüfen, ob sich die Mittelwerte zweier Stichproben (in diesem Fall Mulch- und Direktsaat) nur zufällig voneinander unterscheiden oder ob die Stichproben aus zwei Grundgesamtheiten mit unterschiedlichen Mittelwerten stammen.

Teststatistik für die Prüfung der Lokationshomogenität zweier Stichproben mit Varianzhomogenität:

Teststatistik: $t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}}$ $t < t_{\alpha;FG}(2\ seitig) \Rightarrow H_0$

Berechnung:

Als Grundlage für die statistische Ertragsauswertung der einzelnen Versuchsparzellen dienen die auf einen Hektar umgerechneten Erträge der einzelnen Versuchsparzellen in kg bei 14% H_2O.

Die Umrechnung auf die Vergleichsfeuchtigkeit (Referenzfeuchtigkeit) von 14% H_2O ist notwendig, um die einzelnen Erträge der Versuchsparzellen mit jeweils unterschiedlichem Feuchtigkeitsgehalt untereinander repräsentativ vergleichen zu können.

Die Daten (Feuchtigkeit, ha-Erträge der einzelnen Versuchsparzellen, Mittelwerte der einzelnen Anbauvarianten, …) sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 1 Hektarerträge der einzelnen Versuchsparzellen in kg bei 14 % H_2O

Hektarerträge der einzelnen Versuchsparzellen in kg Direktsaat / Mulchsaat bei 14% Feuchte						
Parzelle	% H_2O	Gewicht/ha bei 14% Feuchte				
		Direktsaat		Mulchsaat		Differenz D/M
1. + 2.	14,0 %	x_{11}	12.677,20 kg/ha	X_{21}	11.916,57 kg/ha	+ 760,63 kg
3. + 4.	14,0 %	X_{12}	11.726,41 kg/ha	x_{22}	12.027,07 kg/ha	- 300,66 kg
5. + 6.	14,0 %	X_{13}	12.343,57 kg/ha	X_{23}	11.900,72 kg/ha	+ 442,85 kg
7. + 8.	14,0 %	x_{14}	11.758,11 kg/ha	x_{24}	12.745,73 kg/ha	- 987,62 kg
Summe		$\sum$	48.505,29 kg	$\sum$	48.590,09 kg	- 84,80 kg
Mittelwert		$\bar{x}_1$	12.126,32 kg/ha	$\bar{x}_2$	12.147,52 kg/ha	- 21,20 kg
Hektarerträge der einzelnen Versuchsparzellen in kg						

Lokationsschätzer

Arithmetischer Mittelwert (μ, $\bar{x}$) *mean*

Arithmetischer Mittelwert ist meist der beste Lokationsschätzer bei stetigen Merkmalen (z.B.: Normalverteilung) und wird am häufigsten verwendet. μ steht für die Lokation einer Vollerhebung (Grundgesamtheit), $\bar{x}$ für die Lokation einer Stichprobe (Teilerhebung) und schätzt μ.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{x}_i}{n}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{(x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14})}{n_1}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{(12.677{,}20 + 11.726{,}41 + 12.343{,}57 + 11.758{,}11)}{4} = \frac{48.505{,}29}{4}$$

$$\bar{x}_1 = 12.126.32\ kg/ha$$

$$\bar{x}_2 = \frac{(x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24})}{n_2}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{(11.916{,}57 + 12.027{,}07 + 11.900{,}72 + 12.745{,}73)}{4} = \frac{48.590{,}09}{4}$$

$$\bar{x}_2 = 12.147{,}52\ kg/ha$$

Freiheitsgrade (FG)

$$FG \quad = n - 1$$

$$FG_1 = n_1 - 1$$

$$FG_1 = 4 - 1$$

$$FG_1 = 3$$

$$FG_2 = n_2 - 1$$

$$FG_2 = 4 - 1$$

$$FG_2 = 3$$

Summe der Abweichungsquadrate (SQ)

$$SQ = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2$$

$$SQ_1 = (x_{11} - \bar{x}_1)^2 + (x_{12} - \bar{x}_1)^2 + (x_{13} - \bar{x}_1)^2 + (x_{14} - \bar{x}_1)^2$$

$$SQ_1 = (12.677{,}20 - 12.126{,}32)^2 + (11.726{,}41 - 12.126{,}32)^2 + (12.343{,}57 - 12.126{,}32)^2 + (11.758{,}11 - 12.126{,}32)^2$$

$$SQ_1 = 550{,}88^2 + (-399{,}91)^2 + 217{,}25^2 + (-368{,}22)^2$$

$$SQ_1 = 303.468{,}91 + 159.928{,}06 + 47.196{,}26 + 135.583{,}80$$

$SQ_1 = 646.177,02$

$SQ_2 = (x_{21} - \bar{x}_2)^2 + (x_{22} - \bar{x}_2)^2 + (x_{23} - \bar{x}_2)^2 + (x_{24} - \bar{x}_2)^2$

$$SQ_2 = (11.916,57 - 12.147,52)^2 + (12.027,07 - 12.147,52)^2 + (11.900,72 - 12.147,52)^2 + (12.745,73 - 12.147,52)^2$$

$SQ_2 = (-230,95)^2 + (-120,45)^2 + (-246,80)^2 + 598,21^2$

$SQ_2 = 53.338,86 + 14.509,37 + 60.909,54 + 357.849,81$

$SQ_2 = 486.607,58$

Standardabweichung (s) *standard deviation*

Die Standardabweichung wird auch als Wurzel des mittleren quadratischen Fehlers bezeichnet und ist der am häufigsten verwendete Variationsschätzer (s).

$$s = \sqrt{\frac{SQ}{FG}}$$

$$s_1 = \sqrt{\frac{SQ_1}{FG_1}} = \sqrt{\frac{646.177,02}{3}} = \sqrt{215.392,34}$$

$s_1 = 464,10$

$$s_2 = \sqrt{\frac{SQ_2}{FG_2}} = \sqrt{\frac{486.607,58}{3}} = \sqrt{126.202,53}$$

$s_2 = 402,74$

Statistischer Test (Teststatistik)

t-Test

Teststatistik für die Prüfung der Lokationshomogenität zweier Stichproben mit Varianzhomogenität:

Teststatistik: $t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}}$ $t < t_{\alpha;FG}(2\ seitig) \Rightarrow H_0$

Differenz der Mittelwerte ($\bar{d}$)

$\bar{d} = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$

$\bar{d} = |12.126,32 - 12.147,52|$

$\bar{d} = 21,20$

gewogene Varianzschätzung ($\bar{s}^2$)

$$\bar{s}^2 = \frac{SQ_1 + SQ_2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$\bar{s}^2 = \frac{646.177,02 + 486.607,58}{4 + 4 + 2} = \frac{1.132.784,60}{6}$$

$\bar{s}^2 = 188.797,43$

mittlerer Fehler der Differenz ($s_{\bar{d}}$)

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{\bar{s}^2 * (\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}$$

$$s_{\bar{d}} = \sqrt{188.797,43 * (\frac{1}{4} + \frac{1}{4})} = \sqrt{188.797,43 * 0,5} = \sqrt{94.398,72}$$

$s_{\bar{d}} = 307,24$

t-Wert

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{s_{\bar{d}}}$$

$$t = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}}$$

$$t = \frac{21,20}{307,24}$$

$t = 0,069$

Vergleich der Teststatistik t mit kritischem t-Wert: H_0 annehmen oder ablehnen :

$t = 0,069$

$t_{\alpha/FG} = t_{0,05;6} = 2,446$

$t < t_{\alpha;FG} (2\ seitig) \Longrightarrow H_0$

$0{,}069 < 2{,}446 \Longrightarrow H_0$

⇒ Die Nullhypothese wird angenommen.

Darstellung und Interpretation der Ergebnisse:

Der errechnete t-Wert ($t = 0{,}069$) wurde nun einem kritischen t-Wert ($t_{\alpha;FG}$) gegenübergestellt. Der kritische t-Wert ($t_{\alpha;FG}$) wurde einer Tabelle für kritische t-Werte entnommen. Dabei wurde der Freiheitsgrad (in diesem Fall 6) sowie die Irrtumswahrscheinlichkeit (α) (in diesem Fall 0,05) beachtet. Diese Gegenüberstellung bzw. dieser Vergleich der t-Werte zeigt, ob sich die beiden Mittelwerte ($\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$) signifikant voneinander unterscheiden.

Die anfangs aufgestellte Nullhypothese ($H_0 = (\bar{x}_1 = \bar{x}_2)$) besagt grundsätzlich, dass sich die beiden Mittelwerte der einzelnen Anbauvarianten (Mulch- und Direktsaat) $\bar{x}_1$ und $\bar{x}_2$ nicht voneinander unterscheiden und somit ident sind.

Das Ergebnis der statistischen Auswertung (t-Test) besagt, dass diese Nullhypothese angenommen werden muss und somit kein signifikanter Unterschied der beiden Anbauvarianten besteht.

Es ist daher anzunehmen, dass sich die Mittelwerte der beiden Anbauvarianten nur zufällig voneinander unterscheiden. Das heißt, dass die Stichproben nicht aus zwei unterschiedlichen Grundgesamtheiten stammen, sondern aus einer Grundgesamtheit.

Für die Praxis bedeutet dieses Ergebnis, dass es von ertragsmäßiger Sicht her ohne Bedeutung ist, ob man Mais mittels Mulchsaat oder Direktsaat anbaut. Auftretende Unterschiede des Ertrages zwischen den beiden Anbauvarianten sind dem Zufall zuzuschreiben.

Diese Aussage kann aber nicht grundsätzlich für alle Vergleiche zwischen den Anbauvarianten Mulch- und Direktsaat angenommen werden, da der Versuch dafür über mehrere Jahre hinweg wiederholt werden müsste, um mögliche Fehler, die durch klimatische Bedingungen, unterschiedliche Bodeneigenschaften oder sonstige Störfaktoren hervorgerufen werden, möglichst auszuschalten und somit zu aussagekräftigen Ergebnissen zu gelangen.

Zurückzuführen ist dieses Ergebnis vermutlich auf das kühle und niederschlagsreiche Wetter während der Jungendentwicklung der Maispflanzen.

Das Ergebnis der statistischen Auswertung besagt, dass die Nullhypothese angenommen werden muss.

Graphische Darstellung:

In der nachstehenden Grafik ist das Ergebnis der statistischen Ertragsauswertung bildlich dargestellt. Die Kurve zeigt die t-Verteilung. In weiterer Folge können der Grafik der errechnete t-Wert (t = 0,069 ⇒ ≈ 0,07) und der kritische t-Wert (t_{kr} = 2,446 ⇒ ≈ 2,45) entnommen werden. Gut erkennbar ist ebenfalls, dass der errechnete t-Wert deutlich kleiner als der kritische t-Wert ist und somit die Nullhypothese ($H_0 = (\bar{x}_1 = \bar{x}_2)$), die besagt, dass auftretende Unterschied zwischen der beiden Anbauvarianten zufällig sind, angenommen werden muss.

Das folgende Diagramm zeigt die t-Verteilung.

Diagramm 1 t-Verteilung