

Crop Protection  
Global Research and Development

# **Nutzung der Wirkungsgradberechnung nach ABBOTT und HENDERSON-TILTON in der angewandten Agrarforschung**

**Limburgerhof, 30.06.2011**

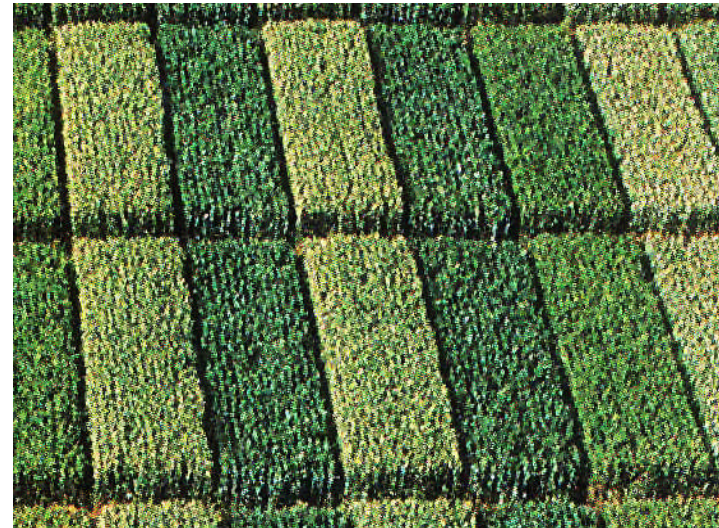
Andreas BÜchse (APR/PK)

[andreas.buechse@basf.com](mailto:andreas.buechse@basf.com)



The Chemical Company

# Biologische Tests / Mittelprüfung



- **In Gewächshaus und Feld wird die Wirkung von neuartigen Substanzen auf Unkräuter, Pilze und Insekten untersucht.**
- **Vergleich von Behandlungen, Vergleich mit Standards**
- **Vergleich mit unbehandelter Kontrolle**

# Skalen



- **Herbizide:**  
Anzahl Pfl./m<sup>2</sup>  
Herbizide Wirkung (% , geschätzt)



- **Fungizide:**  
% Befall (meist geschätzt, digitale Bildanalyse)  
Bonitur auf Ordinalskala [z.B. 1-6]



- **Insekten:**  
Zählung der Individuenzahl  
Befallsklassen [z.B. 0-10, 11-100, >100]

# Zählraten



## Dichte von Tauber Trespe (Pfl./m<sup>2</sup>) in Abhängigkeit von Herbizidmaßnahme

Variante	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Mittel
<b>VG 1 = Kontrolle</b>	<b>16.0</b>	<b>16.0</b>	<b>4.8</b>	<b>11.2</b>	<b>12.0</b>
<b>VG 2</b>	<b>4.8</b>	<b>4.0</b>	<b>0</b>	<b>2.4</b>	<b>2.8</b>
<b>VG 3</b>	<b>10.4</b>	<b>2.4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.2</b>
<b>VG 4</b>	<b>8.0</b>	<b>8.8</b>	<b>7.2</b>	<b>4.0</b>	<b>7.0</b>
<b>Mittel</b>	<b>9.8</b>	<b>7.8</b>	<b>3.0</b>	<b>4.4</b>	<b>6.3</b>

*In jeder Parzelle Mittelwert aus 5 Zählstellen*

 **Wie ist die Wirkung der Herbizide 2, 3 und 4 zu bewerten?**

# Wirkungsgrad nach Abbott



Wirkungsgrad nach ABBOTT (1925):  $WG_{Ab} = \left( \frac{X_n - Y_n}{X_n} \right) = \left( 1 - \frac{Y_n}{X_n} \right)$

$Y_n$  = Anzahl in Behandlung,

$X_n$  = Anzahl in Kontrolle

Relativierung jeweils  
auf Kontrolle  
innerhalb des Blocks

Variante	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Mittel
VG 1 = Kontrolle	16.0	16.0	4.8	11.2	12.0
VG 2	4.8	4.0	0	2.4	2.8
VG 3	10.4	2.4	0	0	3.2
VG 4	8.0	8.8	7.2	4.0	7.0
Mittel	9.8	7.8	3.0	4.4	6.3

Variante	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Mittel
VG 1 = Kontrolle					
VG 2	70%	75%	100%	79%	81%
VG 3	35%	85%	100%	100%	80%
VG 4	50%	45%	-50%	64%	?
Mittel	52%	68%	?	81%	?

# Wirkungsgrad nach Abbott

Variante	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Mittel
VG 1 = Kontrolle	16.0	16.0	4.8	11.2	12.0
VG 2	4.8	4.0	0	2.4	2.8
VG 3	10.4	2.4	0	0	3.2
VG 4	8.0	8.8	7.2	4.0	7.0
Mittel	9.8	7.8	3.0	4.4	6.3

**Relativierung  
jeweils auf  
Kontrolle innerhalb  
des Blocks**

Variante	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Mittel
VG 1 = Kontrolle					
VG 2	70%	75%	100%	79%	81%
VG 3	35%	85%	100%	100%	80%
VG 4	50%	45%	-50%	64%	?
Mittel	52%	68%	?	81%	?

**Relativierung auf  
Versuchsmittel der  
Kontrolle**

Variante	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Mittel
VG 1 = Kontrolle					
VG 2	60%	67%	100%	80%	77%
VG 3	13%	80%	100%	100%	73%
VG 4	33%	27%	40%	67%	42%
Mittel	36%	58%	80%	82%	64%

# Wirkungsgrad nach Abbott



Blockweise oder auf Versuchsmittel relativieren?

Was ist besser?



# Ein extremes Beispiel

*Tab. 7: Insect counts example*

Treatment	Block_1	Block_2	Block_3	Block_4	mean
control	5	5	50	50	<b>27.5</b>
A	1	1	10	10	<b>5.5</b>
B	1	10	1	10	<b>5.5</b>
C	1	1	10	10	<b>5.5</b>
D	10	10	1	1	<b>5.5</b>
E	10	1	10	1	<b>5.5</b>

**Keine Unterschiede zwischen Behandlungen, hoher Versuchsfehler bzw. heterogener Befall.**

**Wenn 5.5 Insekten von 27.5 überleben, dann erwarte ich WG = 80%.**



# Ein extremes Beispiel

Tab. 7: Insect counts example

Treatment	Block_1	Block_2	Block_3	Block_4	mean
control	5	5	50	50	<b>27.5</b>
A	1	1	10	10	<b>5.5</b>
B	1	10	1	10	<b>5.5</b>
C	1	1	10	10	<b>5.5</b>
D	10	10	1	1	<b>5.5</b>
E	10	1	10	1	<b>5.5</b>

Tab. 9: relative to control in same block

Treatment	Block_1	Block_2	Block_3	Block_4	mean
control	0%	0%	0%	0%	<b>0%</b>
A	80%	80%	80%	80%	<b>80%</b>
B	80%	-100%	98%	80%	<b>40%</b>
C	80%	80%	80%	80%	<b>80%</b>
D	-100%	-100%	98%	98%	<b>-1%</b>
E	-100%	80%	80%	98%	<b>40%</b>

Tab. 8: relative to global mean of control

Treatment	Block_1	Block_2	Block_3	Block_4	mean
control	82%	82%	-82%	-82%	<b>0%</b>
A	96%	96%	64%	64%	<b>80%</b>
B	96%	64%	96%	64%	<b>80%</b>
C	96%	96%	64%	64%	<b>80%</b>
D	64%	64%	96%	96%	<b>80%</b>
E	64%	96%	64%	96%	<b>80%</b>

Tab. 10: relative to control in same block, setting  $x < 0$  to 0

Treatment	Block_1	Block_2	Block_3	Block_4	mean
control	0%	0%	0%	0%	<b>0%</b>
A	80%	80%	80%	80%	<b>80%</b>
B	80%	0%	98%	80%	<b>65%</b>
C	80%	80%	80%	80%	<b>80%</b>
D	0%	0%	98%	98%	<b>49%</b>
E	0%	80%	80%	98%	<b>65%</b>

➔ Je größer die Fehlervarianz im Vergleich zur Blockvarianz ausfällt, desto eher sollte auf das Versuchsmittel der Kontrolle bezogen werden.

# Blick in die Originalliteratur



**ABBOTT, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of economic Entomology, 18, 265-267.**

$$\text{percent\_control} = \left( \frac{X - Y}{X} \right)$$

***Let X = the per cent living in the check***

***Let Y = the per cent living in the treated plate.***

**„Percent living“ werden aus Vorbefall und Befall nach Applikation berechnet.**

# Wirkungsgrad nach Henderson & Tilton

**HENDERSON, Ch. F. & E. W. TILTON (1955): Tests with acaricides against the brown wheat mite. Journal of economic Entomology, 48, 157-161.**

$$WG_{HT} = \left( 1 - \frac{T_a}{T_b} \cdot \frac{C_b}{C_a} \right)$$

***T<sub>b</sub> = Befall in behandelter Parzelle vor Applikation („treated – before“)***

***T<sub>a</sub> = Befall in behandelter Parzelle nach Applikation („treated – after“)***

***C<sub>b</sub> = Befall in Kontrolle vor Applikation („control – before“)***

***C<sub>a</sub> = Befall in Kontrolle nach Applikation („control – after“)***

**➔ Gleicher Ansatz wie “Abbott – original”**

# Wirkungsgrad nach Henderson & Tilton

## Beispiel

$$WG_{HT} = \left( 1 - \frac{T_a}{T_b} \cdot \frac{C_b}{C_a} \right)$$

$$T_b = 300, T_a = 30, \\ C_b = 500, C_a = 1000$$

$T_b$  = treated – before  
 $T_a$  = treated – after  
 $C_b$  = control – before  
 $C_a$  = control – after

$$WG_{HT} = \left( 1 - \frac{30}{300} \cdot \frac{500}{1000} \right) = (1 - 0.1 \times 0.5) = 95\%$$

„Räumlicher“  
und zeitlicher Bezug

$$WG_{Ab} = \left( 1 - \frac{T_a}{C_a} \right) = \left( 1 - \frac{30}{1000} \right) = 97\%$$

Nur „räumlicher“  
Bezug

$$\text{Modifikation: } WG_{Ab^*} = \left( 1 - \frac{T_a}{T_b} \right) = \left( 1 - \frac{30}{300} \right) = 90\%$$

Nur zeitlicher Bezug

# Abbott oder Henderson-Tilton?

	Homogene Population	Heterogene Population (Vorbefall differenziert)
Befall oder lebende Individuen	Abbott	Henderson-Tilton
Sterblichkeit oder tote Individuen	Schneider-Orelli	Sun-Shepard

- **Henderson-Tilton erlaubt zusätzlich Unterschiede in der Populationsdynamik zu bewerten.**
- **Frage der Bezugsbasis stellt sich genauso wie bei Abbott**

# Fragen

## (... und Antworten ...)

### **Relativierung blockweise oder auf Versuchsmittel der Kontrolle?**

- besser auf Versuchsmittel der Kontrolle beziehen
- was ist der Block bei Zeilen-Spalten-Plänen (z.B. Lat. Rechteck)?

### **Was tun bei negativen Wirkungsgraden?**

- für Mittelwertbildung negativ belassen, da sonst Bias
- für Transformation (z.B. ArcSin, Logit) auf Null setzen ( $0 \leq x \leq 100$ )

### **Signifikanztest mit Wirkungsgraden?**

- Transformation erforderlich, Varianzhomogenität u. Normalverteilung
- Warum nicht Signifikanztest mit Ausgangsdaten machen
- Anzahl UK, Anzahl Schädlinge -> loglineares Modell

# Auswertung Trespe-Daten mit Verallgemeinertem Linearen Modell, Log-Link

$$\log(\mu_{ij}) = \alpha + \beta_j + \tau_i + e$$


**Verteilungsannahme: Poisson**

Tab.: LSMeans für Dichte von Tauber Trespe (GLM mit Log-Link)

Behandlung	Erwartungswert	Standardfehler	Rücktransformiert [Pfl./m <sup>2</sup> ]	WG_Abbott
1	2.38	0.22	10.82	
4	0.93	0.44	2.52	(10.82-2.52) / 10.82 = 77%
5	1.06	0.41	2.89	(10.82-2.89) / 10.82 = 73%
6	1.84	0.28	6.31	(10.82-6.31) / 10.82 = 42%

## WG-Abbott mit Bezug auf Versuchsmittel der Kontrolle

Variante	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4	Mittel
<b>VG 1 = Kontrolle</b>					
<b>VG 2</b>	<b>60%</b>	<b>67%</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>77%</b>
<b>VG 3</b>	<b>13%</b>	<b>80%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>73%</b>
<b>VG 4</b>	<b>33%</b>	<b>27%</b>	<b>40%</b>	<b>67%</b>	<b>42%</b>



**Details siehe BÜCHSE & PIEPHO (2006)**



## **Wirkungsgrade nach Abbott und Henderson-Tilton sind beliebt, werfen aber viele Fragen auf**

- Richtlinien (z.B. EPPO) sind nicht klar, wie hier zu verfahren ist.

## **Generalisierte Lineare Modelle erlauben direkten Bezug zu erhobenen Daten**

- Daten-Transformation und Verteilungsannahme sind Teil des Modells
- Ergebnisse können nach entsprechender Rück-Transformation durchaus in gewohnter „Wirkungsgrad-Form“ interpretiert werden.

Siehe auch ONOFRI et al. (2010): Current statistical issues in Weed Research. Weed Research 50, 5-24

- ABBOTT, W.S. (1925): A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of economic Entomology*, 18, 265-267.
- BLEIHOLDER, H. (1997): Methods for the evaluation of plant protection field trials. BASF 1989, 1st reprint 1997.
- BÜCHSE, A. & H.-P. PIEPHO (2006): Messen, Schätzen, Bonitieren: Konsequenzen des Skalenniveaus für die Auswertung und Interpretation von Versuchsdaten. DLG-Versuchstechnikertagung 30.-31.01.2006, Soest, 82-102.
- HENDERSON, Ch. F. & E. W. TILTON (1955): Tests with acaricides against the brown wheat mite. *Journal of economic Entomology*, 48, 157-161.
- ONOFRI, A., CARBONELL, E.A., PIEPHO, H.-P., MORTIMER, A.M. & R.D. COUSENS (2010): Current statistical issues in Weed Research. *Weed Research* 50, 5-24.
- PÜNTENER, W. (1981): *Manual für Feldversuche im Pflanzenschutz*. Ciba-Geigy AG, Basel. 2. Auflage
- SCHNEIDER-ORELLI, O. (1947): *Entomologisches Praktikum*. Sauerländer und Co. Aarau, 2. Auflage.

# SAS-Code Log-lineares Modell



```
data b;
  do Beh=1, 4, 5, 6;
    do Block=1 to 4;
      input y@; output;
    end;
  end;
datalines;
16.016.0  4.8      11.2
4.8 4.0   0.0      2.4
10.42.4  0.0      0.0
8.0 8.8   7.2      4.0
;
run;
proc genmod data = b ;
  ods output lsmeandiffs = diffs;
  class Beh Block;
  model y = Block Beh / dist=poisson scale=pearson link=log type1;
  lsmeans Beh / pdiff cl;
run;
data diffs;
set diffs;
if Beh = 1;
  WG = ( 1-exp(-estimate) )*100;
  Lower_WG = ( 1-exp(-LowerCL) )*100;
  Upper_WG = ( 1-exp(-UpperCL) )*100;
proc print data = diffs;
  var _Beh WG Lower_WG Upper_WG;
run;
```