

Institut für Biochemie und Biologie  
Arbeitsgruppe Ökophysiologie

---

Ökologische und phytomedizinische Untersuchungen  
zum Anbau von *Bt*-Mais im Maiszünsler-Befallsgebiet  
Oderbruch

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades  
"doctor rerum naturalium"  
(Dr. rer. nat.)  
in der Wissenschaftsdisziplin "Ökophysiologie"

eingereicht an der  
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Potsdam

von  
Markus Schorling

Potsdam, im Juli 2005

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Einleitung</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>2. Stand der Forschung</b> .....   | <b>10</b> |
| 2.1. Bedeutung des Maisanbaus .....   | 10        |
| 2.2. Der Maiszünsler .....  | 11        |
| 2.3. Bekämpfung des Maiszünslers .....  | 14        |
| 2.3.1. Mechanische Bekämpfung .....   | 14        |
| 2.3.2. Biologische Bekämpfung .....   | 14        |
| 2.3.3. Chemische Bekämpfung .....   | 15        |
| 2.3.4. Anbau von <i>Bt</i> -Mais .....  | 16        |
| 2.3.4.1. Anbaugrößen - Gesetzliche Regelungen .....   | 17        |
| 2.3.4.2. Trophische Interaktionen von Arthropoden in Maisbeständen .....                                      | 19        |
| 2.3.4.3. Einfluss von <i>Bt</i> -Mais auf den Maiszünsler und seine Gegenspieler .....                        | 19        |
| 2.3.4.4. Einfluss von <i>Bt</i> -Mais auf andere Lepidoptera-Raupen im Feld und<br>außerhalb des Feldes ..... | 20        |
| 2.3.4.5. Einfluss von <i>Bt</i> -Mais auf phytophage Arthropoden .....  | 21        |
| 2.3.4.6. Einfluss von <i>Bt</i> -Mais auf Prädatoren und parasitische Arthropoden .....                       | 22        |
| 2.3.4.7. Einfluss von <i>Bt</i> -Mais auf Nichtzielarthropoden im Boden .....                                 | 22        |
| 2.4. Methodische Vorgehensweise in den einzelnen Feldstudien .....  | 23        |
| 2.4.1. Vorbereitende Überlegungen .....   | 23        |
| 2.4.2. Bonituren und Ganzpflanzenernten .....   | 24        |
| 2.4.3. Bodenfallenfänge .....   | 27        |
| 2.4.3.1. Carabidae (Laufkäfer) .....  | 28        |
| 2.4.3.2. Araneae (Spinnen) .....  | 29        |
| 2.4.4. Befallsbonituren und Schadbildbonituren des Maiszünslers .....   | 29        |
| 2.4.5. Ertragsmessungen sowie Energie- und Qualitätsbestimmungen bei Mais .....                               | 30        |
| 2.4.6. Das Problem mit <i>Fusarium</i> -Pilzen und Mykotoxinen im Mais .....                                  | 31        |
| 2.4.6.1. <i>Fusarium</i> -Arten .....   | 32        |
| 2.4.6.2. Mykotoxine .....   | 34        |
| <b>3. Material &amp; Methoden</b> .....   | <b>37</b> |
| 3.1. Standort .....   | 37        |
| 3.1.1. Klimatische Gegebenheiten .....  | 38        |
| 3.2. Untersuchungsflächen .....   | 39        |
| 3.3. Bonituren .....  | 43        |
| 3.4. Ganzpflanzenernten .....   | 43        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.5. Bodenfallenfänge.....   | 44        |
| 3.6. Wahlverhalten von (Flug-)insekten.....  | 44        |
| 3.7. Befallsbonituren und Schadbildbonituren.....  | 45        |
| 3.8. Ertragsmessungen.....   | 46        |
| 3.9. Energie- und Qualitätsbestimmungen.....   | 46        |
| 3.10. <i>Fusarium</i> - und Mykotoxinanalysen.....   | 47        |
| 3.11. Statistische Auswertung.....   | 49        |
| <b>4. Ergebnisse.....</b>  | <b>52</b> |
| 4.1. Bonituren.....  | 52        |
| 4.1.1. Ausgewählte Indikatorgruppen.....   | 52        |
| 4.1.2. Herausarbeitung optimaler Boniturtermine.....   | 52        |
| 4.1.3. Vergleich der BT- und KV- Variante im Auftreten von Arthropodengemeinschaften zum Zeitpunkt der Blüte.....                                  | 54        |
| 4.1.4. Prüfung aller Boniturtermine auf signifikante Unterschiede zwischen der BT- und KV-Variante im Auftreten von Arthropodengemeinschaften..... | 58        |
| 4.2. Ganzpflanzenernten.....   | 63        |
| 4.2.1. Vergleich Bonitur - Ganzpflanzenernte.....  | 65        |
| 4.3. Bodenfallenfänge.....   | 66        |
| 4.3.1. Carabidae (Laufkäfer).....  | 66        |
| 4.3.2. Araneae (Spinnen) und Opiliona (Weberknechte).....  | 70        |
| 4.3.3. Auswirkungen des Insektizideinsatzes auf Bodenfallenfänge.....  | 75        |
| 4.3.4. CANOCO-Analysen.....  | 76        |
| 4.4. Wahlverhalten von (Flug-)insekten.....  | 78        |
| 4.5. Maiszünsler - Befallsbonituren.....   | 80        |
| 4.6. Ertragsmessungen.....   | 82        |
| 4.7. Energie- und Qualitätsbestimmungen.....   | 83        |
| 4.8. <i>Fusarium</i> - und Mykotoxinanalysen.....  | 84        |
| 4.8.1. Vergleich des Stängel- und Kolbenbefalls.....   | 86        |
| 4.8.2. <i>Fusarium</i> -Artenspektrum.....   | 87        |
| 4.8.3. Mykotoxin-Bildungspotential.....  | 88        |
| 4.8.4. Mykotoxinanalysen.....  | 89        |
| <b>5. Diskussion.....</b>  | <b>93</b> |
| 5.1. Vorzüge und Nachteile von Feld-Feld-Vergleichen.....  | 93        |
| 5.2. Bonituren und Ganzpflanzenernten.....   | 94        |
| 5.2.1. Methodische Herangehensweise bei Bonituren und Ganzpflanzenernten.....  | 94        |
| 5.2.2. Ergebnisdiskussion der Bonituren und Ganzpflanzenernten.....  | 96        |

|  |            |
|--|------------|
| 5.3. Bodenfallenfänge.....                                     | 97         |
| 5.3.1. Methodische Herangehensweise bei Bodenfallenfängen..... | 97         |
| 5.3.2. Ergebnisdiskussion der Bodenfallenfängen .....          | 98         |
| 5.4. Wahlverhalten von (Flug-)insekten .....                   | 100        |
| 5.5. Maizünsler - Befallsbonituren .....                       | 101        |
| 5.6. Ertragsmessungen.....                                     | 103        |
| 5.7. Energie- und Qualitätsbestimmungen .....                  | 104        |
| 5.8. <i>Fusarium</i> -Analysen .....                           | 105        |
| 5.9. Mykotoxinanalysen .....                                   | 107        |
| <b>6. Schlussfolgerungen.....</b>                              | <b>109</b> |
| <b>7. Zusammenfassung.....</b>                                 | <b>112</b> |
| <b>8. Literaturverzeichnis.....</b>                            | <b>114</b> |
| <b>9. Anhang .....</b>   | <b>131</b> |
| <b>10. Zeichenerklärung .....</b>                              | <b>141</b> |
| <b>11. Danksagung.....</b>                                     | <b>142</b> |

## T a b e l l e n v e r z e i c h n i s

|   |    |
|---|----|
| Tab. 1: Arthropoden in Maisbeständen des Oderbruchs 2000 - 2001 .....   | 25 |
| Tab. 2: Prädatoren und ihr Prädatorpotential .....  | 26 |
| Tab. 3: Roh Nährstoffgehalt und Energiekonzentration von Maissilagen der Jahre 2001 - 2004 in der Region<br>Brandenburg .....   | 31 |
| Tab. 4: Bedeutende Mykotoxine und ihre wichtigsten Produzenten der Gattung <i>Fusarium</i> .....  | 34 |
| Tab. 5: Mykotoxin-Höchstmengen in Deutschland (Stand: Februar 2004) .....   | 36 |
| Tab. 6: Feldgrößen, Sorten und Untersuchungsmethoden pro Teilfeld .....   | 41 |
| Tab. 7: Aussaat- und Erntetermine sowie ackerbauliche Maßnahmen .....   | 42 |
| Tab. 8: Übersicht der Anzahl an Terminen der in den Maisfeldern durchgeführten Untersuchungen.....  | 49 |
| Tab. 9: Mittlere Abundanz von Thripsen, Wanzen sowie Blattläusen und deren Prädatoren pro Maispflanze<br>bei Bonituren der Jahre 2000 - 2004 (BT und KV zusammengefasst) .....  | 53 |
| Tab. 10: Mittlere Abundanz von Thripsen pro Maispflanze bei Bonituren in den Jahren 2000 - 2004.....  | 59 |
| Tab. 11: Mittlere Abundanz von Wanzen pro Maispflanze bei Bonituren in den Jahren 2000 - 2004 .....   | 60 |
| Tab. 12: Mittlere Abundanz von Blattläusen pro Maispflanze bei Bonituren in den Jahren 2000 - 2004 .....  | 61 |
| Tab. 13: Mittlere Abundanz der Blattlausprädatoren, gemessen in Prädatoreinheiten, pro Maispflanze bei<br>Bonituren in den Jahren 2000 - 2004.....  | 62 |
| Tab. 14: Mittlere Abundanz von Thripsen, Wanzen, Blattläusen und Blattlausprädatoren, gemessen in<br>Prädatoreinheiten (PU), pro Maispflanze bei Ganzpflanzenernten in den Jahren 2000 - 2003 zum<br>Zeitpunkt der Blüte..... | 63 |
| Tab. 15: Mittlere Anzahl der „Top 10“-Taxa pro Maispflanze aller Ganzpflanzenernten von 2000 - 2003.....  | 64 |
| Tab. 16: Thrips - Gattungen an Maispflanzen bei Ganzpflanzenernten im Jahr 2002.....  | 64 |
| Tab. 17: Regressionen und Korrelationskoeffizienten der Beziehung zwischen Ganzpflanzenernten (x) und<br>Bonituren (y) am Beispiel ausgewählter Indikatortaxa an Maispflanzen der Jahre 2002 - 2003.....                      | 66 |
| Tab. 18: Mittlere Anzahl der „Top 10“-Laufkäferarten pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche im Mittel<br>aller untersuchten Maisflächen des Oderbruchs der Jahre 2000 - 2004.....   | 67 |
| Tab. 19: Mittlere Anzahl der „Top 10“-Laufkäferarten pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche der<br>einzelnen Maisflächen im Oderbruch in den Jahren 2000 - 2004.....  | 68 |
| Tab. 20: Berechnung ökologischer Parameter anhand der Laufkäfer-Bodenfallenfänge in Maisbeständen der<br>Jahre 2000 - 2004 .....  | 69 |
| Tab. 21: Mittlere Anzahl wichtiger Spinnenfamilien pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche in Maisfeldern<br>im Mittel aller Untersuchungsflächen des Oderbruchs der Jahre 2000 - 2003 .....                                   | 72 |
| Tab. 22: Mittlere Anzahl der „Top 10“-Spinnentaxa pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche im Mittel aller<br>untersuchten Maisflächen des Oderbruchs der Jahre 2000 - 2003.....  | 73 |
| Tab. 23: Berechnung ökologischer Parameter anhand der Spinnen-Bodenfallenfänge in Maisbeständen der<br>Jahre 2000 - 2003 .....  | 74 |

|   |    |
|---|----|
| Tab. 24: Wahlverhalten von (Flug-)insekten unterteilt in Ordnungen und Unterordnungen an 15 Maisblättern<br>in jeweils einer Woche .....                | 80 |
| Tab. 25: Larvenbefall der Maiskolben.....   | 81 |
| Tab. 26: Mittelwerte der Rohrnährstoffgehalte und der Energiekonzentrationen des Erntematerials von<br>Maisfeldern der Jahre 2002 - 2004 .....          | 83 |
| Tab. 27: Standardabweichungen der Rohrnährstoffgehalte und der Energiekonzentrationen des Erntematerials<br>von Maisfeldern der Jahre 2002 - 2004 ..... | 84 |
| Tab. 28: <i>Fusarium</i> -Arten (%) auf Maisflächen der Jahre 2002 - 2004 in den Varianten BT und KV sowie ihr<br>Mykotoxin-Bildungspotential.....      | 87 |
| Tab. 29: Mykotoxin-Bildungspotential von <i>Fusarium</i> -Arten (%) auf Maisflächen in den Varianten BT und<br>KV der Jahre 2002 - 2004.....            | 88 |

## Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abb. 1: Verbreitung des Maiszünslers ( <i>Ostrinia nubilalis</i> ) in Deutschland .....  | 12 |
| Abb. 2: Trophische Interaktionen von Arthropoden in Maisbeständen .....  | 19 |
| Abb. 3: Fangergebnisse mit Pheromonfallen zur Terminbestimmung des Maiszünslersfluges .....  | 30 |
| Abb. 4: Karte des Untersuchungsgebietes Oderbruch .....  | 37 |
| Abb. 5: Mittlere Monatstemperaturen der Jahre 2002 - 2004 sowie das langjährige Mittel (1961 - 1990) am Standort Manschnow .....   | 38 |
| Abb. 6: Monatliche Niederschlagssummen der Jahre 2002 - 2004 sowie das langjährige Mittel (1961 - 1990) am Standort Manschnow .....  | 39 |
| Abb. 7 a - f: Untersuchungsflächen der Jahre 2000 - 2004.....  | 40 |
| Abb. 8: <i>Bt</i> -Schnelltest zum Nachweis des Cry1Ab Proteins in Maispflanzen.....   | 45 |
| Abb. 9: Versuchsdesign der Bodenfallenfänge, Bonituren, Ganzpflanzenernten und des Wahlverhaltens .....  | 46 |
| Abb. 10: Versuchsdesign für Ertragsmessungen, <i>Fusarium</i> -, Mykotoxin-, Roh Nährstoff- und Energieanalysen .....  | 48 |
| Abb. 11: Graphische Darstellung der partiellen Ordination innerhalb der Korrespondenzanalyse .....   | 51 |
| Abb. 12: Mittlere Abundanz von Thripsen pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte.....   | 55 |
| Abb. 13: Mittlere Abundanz von Wanzen pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte.....   | 56 |
| Abb. 14: Mittlere Abundanz von Blattläusen pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte.....  | 57 |
| Abb. 15: Mittleres Auftreten von Blattlausprädatoren (Prädatoreinheiten) pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte.....  | 58 |
| Abb. 16: Vergleich der Methoden Bonitur und Ganzpflanzenernte anhand der mittleren Gesamtarthropodenzahl pro Maispflanze in den Jahren 2002 - 2003.....  | 65 |
| Abb. 17: Mittlere Anzahl der Laufkäfer pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche in Maisfeldern in den Jahren 2000 - 2004 sowie der gemittelte Wert aller Jahre.....                              | 66 |
| Abb. 18: Mittlere Anzahl der Spinnen und Weberknechte pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche in Maisfeldern in den Jahren 2000 - 2004 sowie der gemittelte Wert aller Jahre.....               | 71 |
| Abb. 19: Vergleich der mittleren Anzahl der Laufkäfer pro Bodenfalle zwischen der Insektizidbehandlung (GE) und der unbehandelten konventionellen Maissorte (KV) auf Feld 2 im Jahr 2004 ..... | 75 |
| Abb. 20: Vergleich der mittleren Anzahl der Spinnen pro Bodenfalle zwischen der Insektizidbehandlung (GE) und der unbehandelten konventionellen Maissorte (KV) auf Feld 2 im Jahr 2004 .....   | 76 |
| Abb. 21: Ordination der räumlichen und zeitlichen Probeeinheiten von Maisflächen der Jahre 2000 - 2002.....  | 77 |
| Abb. 22: Partielle Ordination von Probeeinheiten, um den Einfluss der Maissorte auf die Artenzusammensetzung zu zeigen.....  | 78 |
| Abb. 23: Wahlverhalten von (Flug-)insekten an Maisblättern in den Jahren 2002 - 2003 .....   | 79 |
| Abb. 24: Anzahl der Larven pro Pflanze sowie das Schadbild der Pflanzen in den Jahren 2002 - 2004.....   | 81 |
| Abb. 25: Ertrag Frischmasse (t/ha) aller Maisflächen auf den Teilflächen BT und KV sowie der Mittelwert aller Jahre und Flächen.....   | 82 |

|   |     |
|---|-----|
| Abb. 26: <i>Fusarium</i> -Befall (%) auf Maisflächen in den Varianten BT und KV der Jahre 2003 - 2004 sowie der Mittelwert aller Jahre und Flächen .....  | 85  |
| Abb. 27: Prozentuale Verteilung des Befalls mit <i>Fusarium</i> spp. zwischen Stängel und Kolben von Maispflanzen innerhalb der einzelnen Untersuchungsjahre, -flächen und -varianten (BT und KV) sowie deren Mittelwerte ..... | 86  |
| Abb. 28: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2002 auf Feld 1 .....   | 89  |
| Abb. 29: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2002 auf Feld 2 .....   | 90  |
| Abb. 30: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2003 auf Feld 1 .....   | 91  |
| Abb. 31: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2003 auf Feld 2 .....   | 92  |
| Abb. 32: Bewertung ökologischer Zustände in <i>Bt</i> -Maisflächen auf Grundlage von Baselines .....  | 110 |

## 1. Einleitung

Das Oderbruch, ein trockengelegtes Flussauengebiet, gilt als eine der fruchtbarsten Ackerbauregionen in Brandenburg. Der Anbau von Mais (*Zea mays*), als Silo- oder Körnermais, spielt dort aufgrund der Betriebsstrukturen und der günstigen Anbaubedingungen eine bedeutende Rolle. Die Wirtschaftlichkeit des Maisanbaus wird zunehmend vom Auftreten und Befall der Maisbestände durch den in Deutschland wichtigsten Maisschädling, dem Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis* Hübner; Lepidoptera, Pyralidae oder Zünsler), beeinflusst (LANGENBRUCH, 2003). Aufgrund der Fraßaktivität der Larve des Kleinschmetterlings und den daraus resultierenden mechanischen Verletzungen des Pflanzengewebes kommt es zu regional und von Jahr zu Jahr schwankenden Ertragsminderungen. Ebenfalls kann durch den einhergehenden physiologischen Stress die Ertragsleistung der Maispflanze beeinträchtigt und damit der Futterwert vermindert werden (DEGENHARDT et al., 2003). Zusätzlich wird das Eindringen von Pilzen in die Pflanze durch die entstandenen Eintrittspforten begünstigt (MUNKVOLD et al., 1999). Daraus resultieren weitere Ertragsverluste, aber vor allem besteht die Möglichkeit, dass die Qualität des Erntegutes durch das vermehrte Auftreten dieser Pilze und die Bildung von sekundären Stoffwechselprodukten erheblich gemindert wird. Zu den bedeutenden pilzlichen Krankheitserregern an der Wirtspflanze Mais gehören Arten der Gattung *Fusarium*, die an der Maispflanze Wurzel-, Stängel- und Kolbenfäule verursachen können. Die von vielen *Fusarium*-Arten gebildeten sekundären Stoffwechselprodukte (Mykotoxine) stellen besonders für Regionen, in der Mais oder Maisprodukte die Hauptnahrungsmittel sind, eine besondere Gesundheitsgefährdung für Mensch und Tier dar.

Die Bekämpfung des Maiszünslers kann mechanisch, chemisch oder biologisch erfolgen. Mit dem Einsatz von gentechnischen Methoden stehen seit Mitte der 1990er Jahre auch schädlingsresistente Sorten wie der *Bt*-Mais als Alternative zur Verfügung. Mit Hilfe der Gentechnik konnte ein Gen des Bodenbakteriums *Bacillus thuringiensis*, welches ein insektizides Toxin bildet, in die Maispflanze transformiert werden. Die Pflanze ist dadurch während der gesamten Vegetationszeit vor der Maiszünslerlarve geschützt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Auswirkungen des großflächigen Anbaus von *Bt*-Mais auf die ökologische Situation in einem Maiszünsler-Befallsgebiet, sowie den Handlungsrahmen des integrierten Pflanzenschutzes in einem Betrieb im Rahmen von Feld-Feld-Vergleichen komplex zu untersuchen, wobei konventionelle Bekämpfungsvarianten hintergründig eingebunden wurden.

Es wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Erarbeitung geeigneter Monitoringmethoden zum Anbau von *Bt*-Mais,
- Erhebung zur Zusammensetzung der Arthropodengemeinschaften und zum Auftreten definierter Taxa: Thysanoptera (Thripse), Heteroptera (Wanzen), Aphididae (Blattläuse): *Sitobion avenae* (Große Getreideblattlaus), *Metopolophium dirhodum* (Bleiche Getreideblattlaus) und *Rhopalosiphum padi* (Haferblattlaus), Blattlausprädatoren, sowie Carabidae (Laufkäfer) und Araneae (Spinnen),
- Ermittlung der Befallshäufigkeit und des Artenspektrums von *Fusarium*-Pilzen,
- Ermittlung der Befallshäufigkeit ausgesuchter Mykotoxine,
- Analyse weiterer Qualitätsmerkmale: Rohasche, Rohprotein, Rohfaser und Stärke,
- Bestimmung des Energiegehaltes und
- Ertragsmessung (Frischmasse → Silomais).

Die dreijährigen Untersuchungen wurden im Institut für integrierten Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) von 2002 bis 2004 durchgeführt. Zusätzlich wurden Daten zweijähriger Erhebungen in *Bt*-Maisbeständen im Oderbruch der Jahre 2000 und 2001 (FREIER, 2001, FREIER et al., 2001, KALTHOFF et al., 2001) in die vorliegende Arbeit einbezogen. Dadurch war es möglich, fünfjährige Datenreihen auszuwerten.

## **2. Stand der Forschung**

### **2.1. Bedeutung des Maisanbaus**

Die Maisanbaufläche in Deutschland nimmt durchschnittlich 15 % der Ackerfläche ein (SCHNEIDER, 2003). Mit einem Zuwachs von 4,5 % im Vergleich zu 2003, erreichte die Maisanbaufläche im Jahr 2004 mit 1,71 Mio. ha einen neuen Höchststand (ANONYMUS, 2005). In Deutschland entfallen von der Gesamtmaisbaufläche rund 80 % auf den Silomais- und 20 % auf den Körnermaisbau. Diese Relation hat sich in den letzten Jahren zugunsten des Körnermaisbaus verändert. Der Silomais stellt insbesondere für die Milchviehhaltung und die Rindermast eine ideale Futterbasis dar. Er hat mit 65 % einen hohen Anteil am Ackerfutterbau in Deutschland (MEßNER, 2003).

Die zentrale Bedeutung des Maisanbaues liegt in der Sicherung der Nahrungsmittelversorgung, insbesondere in den Regionen der Welt, in denen das Hauptbevölkerungswachstum zu erwarten ist. In diesen meist weniger entwickelten Ländern dient vor allem der Körnermais als Nahrungsmittel der Menschen. In Ländern mit einem

höheren Lebensstandard wird der Mais vorwiegend in Form von Körner- und Silomais als energiereiches Futtermittel eingesetzt und über das Tier veredelt.

Zusammen mit Weizen und Reis werden durch den Maisanbau rund 86 % der Weltgetreideproduktion erzeugt sowie mehr als die Hälfte der Nahrungsenergie bereitgestellt. Die Körnermaisbaufläche liegt weltweit hinter Weizen und Reis. Die bedeutende Stellung des Körnermaisbaus für die Welternährung zeigt sich jedoch in der hohen Flächenproduktivität. Trotz geringerer Anbaufläche wird weltweit mehr Körnermais erzeugt als Reis oder Weizen. Die Körnermaisproduktion hat sich weltweit seit 1960 fast verdreifacht (ANONYMUS, 2004a). Die Verwertung von Körnermais erfolgt zu 30 % für die menschliche Ernährung, zu 20 % für industrielle Zwecke und zu 50 % als Futter. Silomais, Corn-Cob-Mix (CCM, Ernte der Körner und Teile der Spindel) und Lieschkolbenschrot (LKS, Ernte der kompletten Maiskolben) wird zu 100 % in der Fütterung eingesetzt (SCHNEIDER, 2003). Neben diesen traditionellen Verwendungsbereichen bietet der Mais Potenziale als nachwachsender Rohstoff. Zu diesen alternativen Verwertungen zählt der Einsatz der Maispflanze in der Biogaserzeugung, der Einsatz von Körnermais in der Ethanolherstellung oder die Verwendung der Maisstärke als industrieller Rohstoff, insbesondere für die Herstellung von biologisch abbaubaren Werkstoffen (SCHMIDT, 2003).

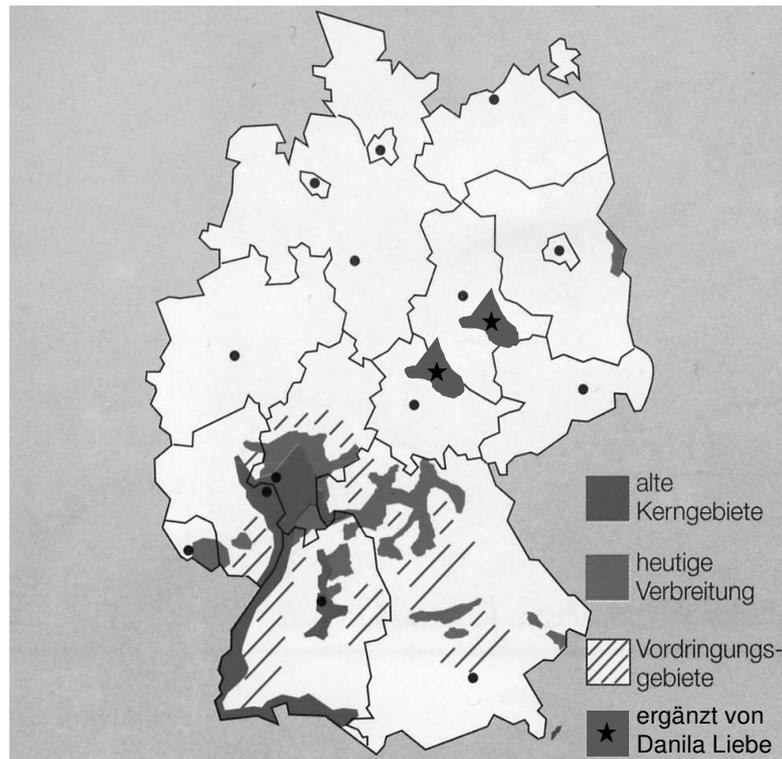
## 2.2. Der Maiszünsler

Der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis* Hübner) ist ein Schmetterling (Ordnung: Lepidoptera), der zur Familie der Zünsler (Pyralidae) gehört. Er ist in Europa vor allem in den wärmeren Regionen weit verbreitet. Das Verbreitungsgebiet umfasst die Länder Polen, Tschechische Republik, Slowakei, Ungarn, Schweiz, Österreich, Deutschland sowie in Nordeuropa Regionen in Südengland und Südschweden (MEISE, 2003). Von seinem europäischen Ursprungsgebiet aus konnte sich der grau-braune Schmetterling aufgrund seiner Anpassungsfähigkeit hinsichtlich der klimatischen Bedingungen sowie der Vielzahl der Wirtspflanzen in weite Teile der Welt ausbreiten (LORENZ, 1993). In Deutschland kommt *Ostrinia nubilalis* in den zwei optisch nicht unterscheidbaren Rassen Z und E vor, die sich in einem reziproken Mischungsverhältnis der beiden Isomere eines Sexualpheromons der weiblichen Individuen unterscheiden. Die E-Rasse kommt hauptsächlich am Beifuß (*Artemisia vulgaris*) und Hopfen (*Humulus lupulus*), die Z-Rasse überwiegend am Mais (*Zea mays*) vor (LIEBE, 2004).

Im Zuge des intensiven Maisanbaus in Deutschland (s. Punkt 2.1.) entwickelte sich dieser Kleinschmetterling zu dem bedeutendsten Schädling im Maisanbau. In den letzten Jahrzehnten ist er in klimatisch weniger begünstigte Gebiete vorgedrungen. So konzentrierte sich das Befallsgebiet des Maiszünslers bis 1960 auf die wärmeren südlichen Regionen. Im Jahr 1967 wurde der Falter schon nördlich des Mains beobachtet und ab 1985 wurde über

Schäden im Oderbruch berichtet (LANGENBRUCH, 2001; 2003). Ein zunehmender Befall wird vor allem in den Bundesländern Nordrhein-Westfalen, Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg beobachtet (DEGENHARDT et al., 2003; LIEBE, 2004).

Nach LANGENBRUCH (2003) ist das nördlichste Verbreitungsgebiet des Maiszünslers im Osten Deutschlands, ausgehend vom Oderbruch bis in den Süden Mecklenburg-Vorpommerns, anzutreffen (Abb. 1).



**Abb. 1: Verbreitung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) in Deutschland**  
(Quelle: LIEBE, 2004).

In seinen Vordringungsgebieten ist zu beobachten, dass der Maiszünsler schnell hohe Populationen aufbaut. Für die Populationsentwicklung des Maiszünslers hat das Wetter einen entscheidenden Einfluss. Verluste während der Überwinterung, ein stetiger Wechsel zwischen warmer und kalter Witterung sowie hohe Regenmengen, die zur Dezimierung der Larven in den Stoppeln führen können, wirken sich nachteilig aus. Auf der anderen Seite wird durch heiße, trockene Witterung die Lebensdauer der Falter verkürzt, und es können Teile der Eigelege vertrocknen (KLUGE et al., 1999).

Die Anzahl an Generationen, die der Maiszünsler pro Jahr hervorbringt, nimmt von Süden nach Norden ab. In Süditalien, Griechenland und Spanien wurden drei Generationen, in Norditalien, Nordspanien und Südfrankreich zwei Generationen sowie in Mittel- und Nordeuropa und damit auch in Deutschland nur eine Generation pro Jahr beobachtet (MEISE, 2003). Von Juni bis August fliegen die zumeist nachtaktiven Schmetterlinge in den

Abend- und Nachtstunden in die Maisbestände ein. Dort legen die Weibchen ihre weißlichen Eier bevorzugt an die Unterseite der größeren Blätter, in der Mitte der Maispflanze ab. Die dachziegelartig verkitteten Gelege haben eine durchschnittliche Größe von 10 bis 20 Eiern. Die jungen, weiß-gelblich gefärbten L<sub>1</sub>-Larven schlüpfen in ein bis zwei Wochen. Nach zwei bis drei Wochen verteilen sie sich auf die Nachbarpflanzen und bohren sich in den oberen oder mittleren Teil der Maispflanze ein. Die Raupen fressen sich im Laufe der Vegetation im Stängelinneren nach unten und können bis zu 2,5 cm lang werden. Die Überwinterung der L<sub>5</sub>-Larve erfolgt in den Maisstoppeln, bis sie sich im Mai verpuppen.

Der Schaden an der Maispflanze wird durch die Fraßtätigkeit der Larven im Stängel und am Kolben verursacht. Bei einem starken Befall ab ca. zwei Larven pro Stängel kann der Ertragsverlust im Körnermais bis zu 20 % betragen. Nach HURLE et al. (1996) verursacht der Maiszünsler in seinen Hauptbefallsgebieten Ertragsverluste von 10 - 30 %. Deutliche Zeichen für den Zünslerbefall sind geknickte oder abgebrochene Maisfahnen. Die Bruchstellen weisen bei genauerer Betrachtung Bohrlöcher auf. In den darunter liegenden Blattscheiden kann man Bohrmehl und Raupenkot finden. Bei Silomais wird die Ernte durch Stängelbruch erheblich erschwert (HASSAN et al., 1993; LANGENBRUCH et al., 1999). Die Bohrgänge, die vom Fahnenblatt bis zum Stängelgrund führen können, beeinträchtigen die mechanische Stabilität der Maispflanze. Der Schaden kann vernachlässigt werden, wenn nur die oberen Stängelteile abknicken. Brechen jedoch die Pflanzen im unteren Bereich ab, wie in Jahren mit häufigen Gewitterniederschlägen, kann es zu erheblichen Ertragsminderungen kommen, da die Kolben nicht mehr durch die Erntetechnik erfasst werden können.

Der Reifungsfraß in den Stängeln und Kolbenspindeln behindert zusätzlich die Wasser- und Nährstoffversorgung sowie den Assimilattransport. Dies wirkt sich vor allem in einer Verringerung des Kolben- bzw. Korngewichtes aus.

Die Bohrlöcher der Zünslerlarven stellen weiterhin für den Befall mit Pilzen eine wesentliche Eintrittspforte dar. Eine besondere Bedeutung unter den Pilzen besitzen in diesem Zusammenhang die *Fusarium*-Arten, die als Stängel- und Kolbenfäuleerreger unter bestimmten Bedingungen zusätzlich Pilzgifte (Mykotoxine) bilden und somit die Futterqualität erheblich mindern können (siehe 2.4.6.).

Die Schwelle für eine Bekämpfung des Maiszünslers liegt im Körnermais bei vier bis sechs Eigelege je 100 Pflanzen (ANONYMUS, 2002).

## 2.3. Bekämpfung des Maiszünslers

### 2.3.1. Mechanische Bekämpfung

Eine Möglichkeit zur Bekämpfung des Maiszünslers ist das mechanische Verfahren. Hierbei macht man sich zunutze, dass die Zünslarven im untersten Stängelglied überwintern. Durch Abschlegeln der Stoppelreste gleich nach der Ernte oder Pflügen im Herbst wird ein Großteil der Raupen beseitigt. Auf diese Art und Weise können 80 % der Population dezimiert werden (HURLE et al., 1996). Nach LANGENBRUCH (2003) kann für das Häckseln des Maisstrohs und das saubere, tiefe Pflügen sogar ein Wirkungsgrad von 98 % angenommen werden. Dafür ist die Verwendung eines Vorschälers oder eines anderen Zusatzgerätes, das das Stroh gut in die Furche einbringt, vorteilhaft. Auf bestimmten Bodentypen, die in der Regel eine tiefreichende Bodenbearbeitung im Herbst nicht zulassen, so auch im Oderbruch, ist das Pflügen sehr eingeschränkt und keine empfehlenswerte Maßnahme (HURLE et al., 1996). Die Kosten für das Schlegeln liegen bei 35 €/ha, für das Pflügen bei etwa 50 €/ha.

### 2.3.2. Biologische Bekämpfung

Eine zweite Möglichkeit besteht in der biologischen Bekämpfung. Hierbei wird versucht, mit Biopräparaten auf der Grundlage von *Bacillus thuringiensis* (Pathotyp A) die Larven des Maiszünslers niederzuhalten. Dabei werden die aufgespritzten Sporen und die Endotoxinkristalle von der Zünslerraupe zusammen mit dem Blattgewebe aufgenommen. Das Protein wird im alkalischen Milieu des Insektdarms aufgelöst und in seine aktive Form überführt, welche die Darmwand der Tiere zerstört und sie somit abtötet. In Deutschland steht z. Z. das Präparat Dipel ES zur Verfügung (ANONYMUS, 2005e). Das Mittel basiert auf dem Stamm var. Kurstaki, der besonders wirksam gegen junge Schmetterlingsraupen (L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>) ist. Die Toxine von *Bacillus thuringiensis* wirken sehr wirtsspezifisch, ohne Nützlinge zu gefährden.

Die *Bt*-Präparate gelten aufgrund ihrer hohen Wirtsspezifität als wirksames biologisches Schädlingsbekämpfungsmittel und wichtige Alternative zu den chemischen Insektiziden. Neben einer toxischen Wirkung gegen Lepidopteren gibt es auch *Bacillus thuringiensis*-Stämme mit einer toxischen Aktivität gegen z. B. Dipteren, Coleopteren oder Nematoden (MÜCHER, 2004). Allerdings zeigen alle Erfahrungen, dass aufgrund der ungenügenden Treffersicherheit der schlüpfenden Larven keine hinreichenden Effekte in der Praxis erzielt werden können (HASSAN, 1998).

Sehr gut funktioniert dagegen die biologische Bekämpfung des Maiszünslers mit Hilfe von parasitischen *Trichogramma*-Schlupfwespen, die in Deutschland z. Z. auf 7.000 ha praktiziert wird (HASSAN, 2002, mündliche Mitteilung). Dabei werden Kärtchen oder Kugeln mit aufgeklebten parasitierten Eiern, sog. *Trichogramma*-Kärtchen, ausgebracht. Die geschlüpften

Wespen legen ihre Eier in die Zünslereier. Dort entwickeln sich die Larven und zerstören sie somit. Begünstigt wird dieses biologische Bekämpfungsverfahren durch die ausgeprägte Flugträchtigkeit der Schlupfwespe. Da sie mehr laufend als fliegend die Eipakete des Maiszünslers sucht, verbleibt sie relativ ortstreu im Biotop Maisfeld. Die Ausbringung erfolgt zweimal während der Eiablagezeit der Maiszünslers, wobei insgesamt ca. 200.000 Parasiten pro ha freigelassen werden. Um eine gute Wirksamkeit der *Trichogramma*-Schlupfwespen zu erreichen, müssen die Nützlinge zum Flugbeginn des Maiszünslers und noch einmal acht bis zehn Tage später freigelassen werden. Dazu ist die Bestimmung des optimalen Ausbringungszeitpunktes auf der Grundlage von Fängen in Lichtfallen notwendig, was nach ROST (1997) und HASSAN (1998) ein großes Problem dieser Methode darstellt. Auf kleineren Flächen sind für die Ausbringung keine technischen Hilfsmittel erforderlich. Für größere Flächen kann die Ausbringung der *Trichogramma*-Kugeln mit speziell ausgerüsteten Stelzenschleppern erfolgen (ZELLNER, 2001). Nach LANGENBRUCH (2003) kann für die biologische Bekämpfung des Maiszünslers mit *Trichogramma*-Schlupfwespen ein Wirkungsgrad von 75 % angenommen werden. Treten nach der Ausbringung starke Niederschläge auf, so werden die Schlupfwespen erheblich beeinträchtigt und der Bekämpfungserfolg ist dann wesentlich schlechter (ZELLNER, 2001). Praxisuntersuchungen von DEGENHARDT et al. (2003) zeigten, dass die Wirksamkeit dieses Verfahrens regional unterschiedlich war und stark vom Ausgangsbefall abhing. So konnte in den Jahren 1998 - 2002 im Rheintal, bei einem durchschnittlichen Befall von 0,11 bis 0,42 Larven je Maispflanze, ein Wirkungsgrad von 59 % festgestellt werden. Im Oderbruch lag in den Jahren 2000 - 2002 die Befallsstärke mit 0,68 bis 1,18 Larven pro Pflanze wesentlich höher, und es konnte nur eine Wirksamkeit von 29 % beobachtet werden (DEGENHARDT et al., 2003). Die Kosten liegen derzeit bei 85 € pro ha für zwei Behandlungen bei maschineller Ausbringung (mündl. Mitteilung Dr. B. Wührer, AMW Nützlinge GmbH, 2005). In einigen Bundesländern, Landkreisen oder auch Gemeinden werden Zuschüsse für die *Trichogramma*-Anwendung von bis zu 50 € pro ha gezahlt (MEKA-Förderung z. B. seit 1999 im Regierungsbezirk Stuttgart, ANONYMUS, 2003). Das bietet einen Anreiz, diese Methode zu nutzen und somit auf die chemische Behandlung zu verzichten.

### **2.3.3. Chemische Bekämpfung**

Gegen die Maiszünslerraupe können chemische Insektizide, vor allem synthetische Pyrethroide, eingesetzt werden. Da diese Fraßgifte von den Larven aufgenommen werden, müssen die Mittel vor dem Einbohren der Larven in den Stängel ausgebracht werden. Der Zuflug des Maiszünslers in die Maisbestände variiert je nach Witterung von Jahr zu Jahr, so dass, ähnlich den biologischen Bekämpfungsvarianten, kein optimaler Bekämpfungstermin voraussagbar ist (DEGENHARDT et al., 2003). Tritt der Falterflug in mehreren

Flughöhepunkten auf, ist eine zweite Behandlung erforderlich. Die Befallslage und der Behandlungszeitpunkt kann vom Praktiker nur schwer beurteilt werden. Es besteht die Möglichkeit, auf die Empfehlungen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes zurückzugreifen, der durch entsprechende Fanggeräte (Licht- und Pheromonfallen) bzw. durch Zählungen der Eigelege im Feldbestand Hinweise auf die optimalen Bekämpfungstermine geben kann. Bei einer Maishöhe von 100 - 120 cm kann der Mais ohne Zusatzausrüstungen mit normalen Feldspritzen gerade noch befahren werden. Hat der Maiszünsler zu diesem Zeitpunkt allerdings noch nicht alle Eier abgelegt, verschiebt sich der optimale Anwendungszeitpunkt, bei dem der Mais eine Höhe von 1,5 m erreicht haben kann. Dann ist eine aufwendige Applikationstechnik mittels Stelzenschlepper notwendig, um Fahrverluste zu minimieren.

Im Hinblick auf die Nebenwirkungen der breitwirksamen Insektizide auf Nützlingsorganismen und andere Nichtzielarthropoden im Feld wird dieses Verfahren aus ökologischer Sicht jedoch kritisch bewertet. Dies kann auch ökonomische Folgen haben. So kann der Blattlausbefall nicht mehr durch die natürlichen Feinde kontrolliert werden. Es wurde nachgewiesen, dass die Gefahr einer nachfolgenden Blattlausmassenvermehrung in derart behandelten Beständen gegeben ist (HASSAN et al., 1993). Nach ZELLNER (2001) könnte im Folgejahr ein starker Blattlausbefall auftreten, da die Gegenspieler der Blattläuse, wie der Marienkäfer oder die Florfliege, durch das Insektizid ausgeschaltet wurden.

Der Wirkungsgrad einer Insektizidbehandlung liegt bei ca. 80 % (DEGENHARDT et al., 2003; LANGENBRUCH, 2003). Nach HASSAN et al. (1993) sind selten Bekämpfungserfolge > 60 % zu erwarten. Nur bei optimaler Bestimmung des Zeitpunktes der Behandlung sind Wirkungsgrade um 90 % zu erzielen. Für die Applikation von Insektiziden sind Kosten von 40 € pro ha zu veranschlagen. Bis 2003 stand in Deutschland das Pyrethroid Baythroid 50 zur Verfügung (ANONYMUS, 2001), seit 2005 ist das Insektizid Steward der Firma DuPont auf dem Markt (ANONYMUS, 2005e).

In diesem Zusammenhang ist das sich im Aufbau befindende Konzept der Bundesregierung „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“ zu nennen. Ziel ist es, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln so weit wie möglich zu reduzieren (BURTH et al., 2002; BACKHAUS et al., 2005). Hierfür wird ein „Netzwerk zur Ermittlung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes in unterschiedlichen, landwirtschaftlich relevanten Naturräumen Deutschlands (NEPTUN)“ als ein Baustein des Reduktionsprogramms aufgebaut (ROSSBERG et al., 2002).

#### **2.3.4. Anbau von *Bt*-Mais**

Eine weitere Anwendung den Befall des Maiszünslers zu minimieren, besteht in dem Anbau von *Bacillus thuringiensis*-Mais (*Bt*-Mais). Es gelang, Gene mit toxischer Wirkung gegen Schmetterlingslarven zu übertragen und zur Expression zu bringen. Sie entstammen der Genfamilie von *Bacillus thuringiensis* und codieren für sogenannte *Bt*-Endotoxine. Diese

Insektentoxine selber werden schon seit Jahrzehnten, wie unter 2.3.2. beschrieben, als biologische Pflanzenschutzmittel eingesetzt. Das Prinzip der Wirkung von *Bt*-Mais besteht darin, dass die Maispflanze während des Wachstums das Toxin Cry I A(b) in ausreichender Menge produziert. Nehmen die Schädlinge dieses Toxin auf, stellen sie die Fraßfähigkeit rasch ein und sterben meist nach 1-2 Tagen an der Toxinwirkung (MEISE, 2003; MÜCHER, 2004). Der Schutz vor dem Maiszünsler wird so während der gesamten Vegetationsperiode witterungsunabhängig gewährt. Die aufwändigen Beobachtungen des Maiszünslerfluges und der Befallssituation sowie das Befahren der Bestände mit der Feldspritze entfallen (siehe 2.3.2. und 2.3.3.). Laut einem Bericht von Monsanto (WADMAN, 1997) könnte durch die Anwendung von *Bt*-Maissorten weltweit der Verbrauch an Insektiziden um etwa 1 Mio. Liter pro Jahr eingespart werden. Außerdem wird ein Maiszünslerschutz über die komplette Vegetationszeit garantiert. Einige Autoren unterstützen diese neue Technologie mit ihren Analysen. So beschreiben BETZ et al. (2000), dass die Risiken der Freisetzung von *Bt*-haltigen Feldfrüchten in Bezug auf Resistenzbildung sowie Genfluss in verwandte Wildpflanzen gering sind und toxische Effekte auf Warmblütler nicht auftreten.

Ein besonderes Interesse gilt in zahlreichen Untersuchungen möglichen Effekten auf Nichtzielarthropoden (2.3.4.1.). Um dem Problem der Resistenzbildung beim Maiszünsler (KAISER-ALEXNAT et al., 2005) im Vorfeld zu begegnen, wird einerseits eine hohe Expression des *Bt*-Gens während der kompletten Vegetation garantiert, andererseits werden Vorschläge zur Unterdrückung von Resistenzen gemacht, indem beim Anbau von *Bt*-Mais auf mindestens 20 % der Gesamtmaisfläche konventioneller Mais (Refugienstrategie) angebaut werden. (ONSTAD & GOULD, 1998). In den USA existieren mit dieser Refugienstrategie bereits mehrjährige Erfahrungen. Innerhalb dieser Refugien kann sich der Maiszünsler ohne Selektionsdruck entwickeln und nach der Winterruhe die Population dominieren (LANGENBRUCH et al., 2000).

#### **2.3.4.1. Anbaugrößen - Gesetzliche Regelungen**

Ein kommerzieller Anbau von *Bt*-Mais findet bisher in den Ländern USA, Kanada, Argentinien, Südafrika und Spanien statt. Mittlerweile wurden weltweit schon mehrere *Bt*-Maissorten auf über 20 Millionen ha seit seiner Einführung im Jahr 1996 angebaut. Der Anbau von transgenem Mais betrug im Jahr 2004 in den USA etwa 14,7 Millionen Hektar. Davon wiesen 59 % Insektenresistenz, 30 % Herbizidresistenz und 11 % Kombinationen auf (ANONYMUS, 2005d).

In Europa wird *Bt*-Mais zur Zeit ausschließlich in Spanien in größerem Umfang auf mittlerweile 60.000 ha angebaut (ANONYMUS, 2005c). Die EU-Kommission hat mit Bescheid vom 23.01.1998 erstmals den Anbau gentechnisch veränderter Maispflanzen, die eine Resistenz gegen den Maiszünsler enthalten, nach Richtlinie 90/220/EWG genehmigt

(ANONYMUS, 1998). Am 14.02.2001 hat das EU-Parlament der Richtlinie 2001/18/EG zugestimmt. Allerdings wurden auch Auflagen formuliert. So sollen zukünftig u. a. schärfere Sicherheitsprüfungen durchgeführt werden, alle Freisetzungen von gentechnisch veränderten Organismen sind bekannt zu geben, ein anbaubegleitendes Monitoring und eine größere Transparenz sind vorgeschrieben. Hierfür wurde u. a. in Großbritannien eine von der britischen Regierung in Auftrag gegebene großangelegte dreijährige Studie (Farm-Scale Evaluation (FSE)) zum Anbau genetisch veränderter herbizid-toleranter Pflanzen durchgeführt, in der mögliche Auswirkungen auf die Biodiversität auf Ackerflächen untersucht wurde (BROOKS et al., 2003; CHAMPION et al., 2003; HAUGHTON et al., 2003, HAWES et al., 2003; ROY et al., 2003). Im Jahr 2003 wurde eine Arbeitsgruppe „GMOs in Intergrated Production“ innerhalb der Organization for Biological and Integrated Control (IOBC) eingerichtet.

Der Anbau in Deutschland ist bislang mit mehreren hundert Hektar sehr gering. Seit 1998 werden jährlich auf ca. 500 ha Anbauversuche durchgeführt. Von 2001 bis 2004 wurden in einem BMBF-geförderten Forschungsverbund zahlreiche spezielle Projekte zur Sicherheitsforschung und zum Monitoring der grünen Gentechnik realisiert (ANONYMUS, 2005b). Ein seit 2004 in Deutschland durchgeführter dreijähriger Erprobungsanbau mit *Bt*-Mais unter Praxisbedingungen beschreibt erste Ergebnisse zur Koexistenz verschiedener Anbausysteme (konventioneller Mais und *Bt*-Mais) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Agrarstrukturen. Innerhalb eines Streifens von zehn Metern neben dem *Bt*-Mais wird der GVO-Schwellenwert von 0,9 %, der zu einer Kennzeichnung verpflichtet, überschritten. Bei einer Entfernung von mehr als zehn Metern zu dem *Bt*-Mais wurden GVO-Anteile unterhalb der 0,9 %-Schwelle gefunden. Dieser Erprobungsanbau und die vorläufigen Ergebnisse berücksichtigen jedoch nur mögliche GVO-Einträge durch Pollenflug. Weitere Aspekte, wie etwa mögliche Vermischungen während und nach der Ernte, bei Transport, Lagerung und Verarbeitung, sollen im Weiteren untersucht werden (ANONYMUS, 2004b).

Mit dem Anbaujahr 2005 steht den Landwirten in Deutschland die Option des Anbaus von *Bt*-Mais zur Verfügung. Das Ende November 2004 verabschiedete und Anfang Februar in Kraft getretene neue Gentechnik-Gesetz (§ 16a), das europäische Vorgaben (Richtlinie 2001/18/EG) in deutsches Recht umsetzt, schreibt z. B. ein bundesweites Register vor, in dem alle Standorte verzeichnet sind, auf denen gentechnisch veränderte Pflanzen freigesetzt oder angebaut werden. Außerdem werden die in Punkt 2.3.4. erläuterten Anbaumaßnahmen zur Umsetzung der Refugienstrategie aufgegriffen. Im Jahr 2005 werden deutschlandweit knapp 300 ha angebaut (ANONYMUS, 2005a).

In der konventionellen Pflanzenzüchtung ist es bisher nicht gelungen, ein ausreichendes Resistenzniveau in Sorten zu etablieren (MELCHINGER et al., 1998). Resistente Sorten stehen

seit jeher besonders im Blickpunkt des integrierten Pflanzenschutzes, um auf toxische, breit wirksame Insektizide verzichten zu können.

#### 2.3.4.2. Trophische Interaktionen von Arthropoden in Maisbeständen

Eine Vielzahl von Arten lebt direkt oder indirekt vom Mais. Wird *Bt*-Mais angebaut, könnte sich das auf einzelne Arten über die Nahrungsketten, aber auch auf das Ökosystem und das Gleichgewicht zwischen den Arten auswirken. Ein Großteil der in Punkt 2.3.4.1. beschriebenen Forschungsprojekte beschäftigt sich damit, ob und wie das in gentechnisch verändertem Mais produzierte *Bt*-Toxin sich auf diese Tierarten auswirken könnte. Abb. 2 gibt einen Überblick der trophischen Interaktionen von Arthropoden in Maisbeständen. In Tab. 1 auf Seite 25 folgt ein Überblick der in Maisfeldern anzutreffenden Taxa, klassifiziert nach trophischen Ebenen.

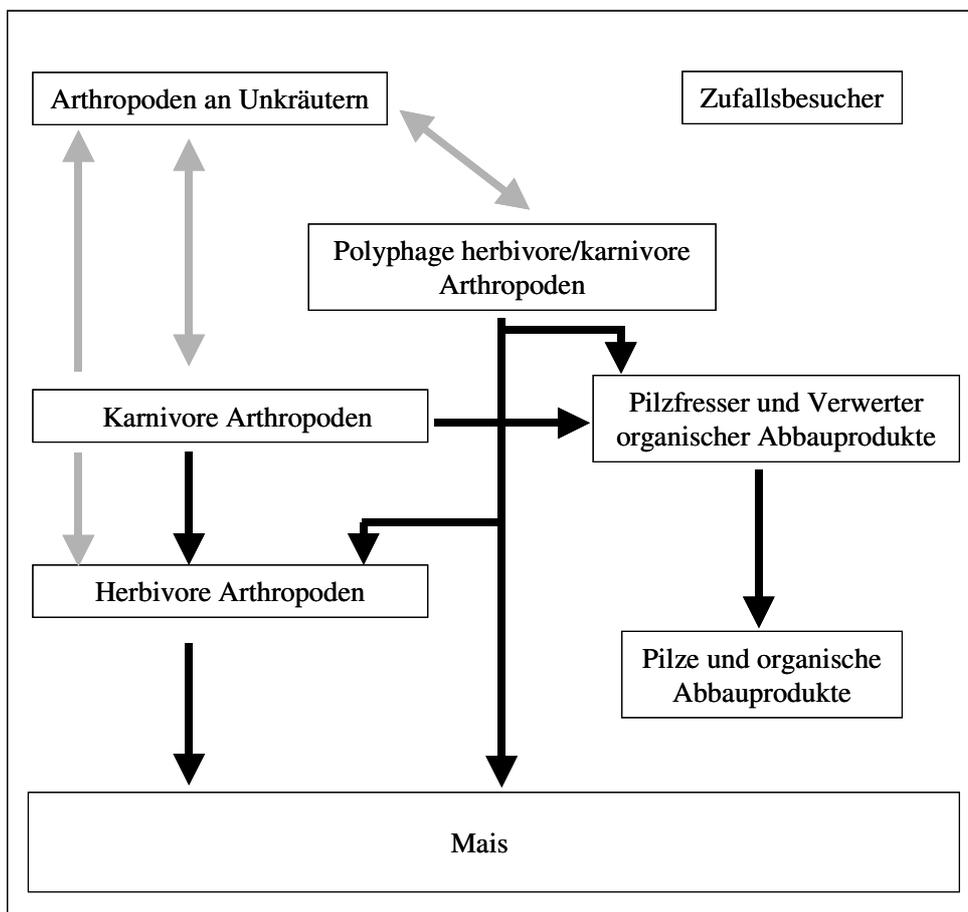


Abb. 2: Trophische Interaktionen von Arthropoden in Maisbeständen

#### 2.3.4.3. Einfluss von *Bt*-Mais auf den Maiszünsler und seine Gegenspieler

Der Anbau von *Bt*-Mais wirkt sich gravierend auf die Populationsdichte des Maiszünslers im Bestand aus. Im Vergleich zu Anwendungen von Insektiziden oder *Trichogramma*-

Eiparasitoiden werden die höchsten Effekte bei der Schädlingsbekämpfung erzielt. Sie liegen bei 95 % bis fast 100 % (HEITZ, 2002; MAGG et al., 2001). Die Maissorten mit den insektiziden *cry*-Genen zeigten die höchste Resistenz gegen die Maiszünslerlarve. Die hohe Wirksamkeit von *Bt*-Mais kann mit einem erheblichen Eingriff in das agrarische Ökosystem verbunden sein, da eine Vielzahl von Organismen vom Auftreten des Maiszünslers partizipieren. Hierzu zählen Organismen, die die Eigelege und Larven fressen, wie z. B. *Orius*-Arten (Anthocoridae), Wespen, die die Eier parasitieren, wie z. B. *Trichogramma*-Arten und Parasiten der Larven, wie z. B. *Lydella thompsoni* aus der Familie der Tachinidae (BOURGUET et al., 2002) sowie Organismen, die saprophytisch von den Ausscheidungen der Larven oder dem verletzten Gewebe der Pflanzen leben, wie z. B. Collembolen, Schimmelkäfer (Cryptophagidae) und Moderkäfer (Lathridiidae) (DIVELY & ROSE, 2003).

Das unterschiedliche Auftreten des Maiszünslers hat aber auch Einfluss auf die Präsenz bestimmter Vogelarten in den Maisbeständen. So zeigten Beobachtungen, dass sich verschiedene Vogelarten, z. B. Grauammer (*Miliaria calandra*), Goldammer (*Emberiza citrinella*), Kiebitz (*Vanellus vanellus*), Goldregenpfeifer (*Pluvialis apricaria*) und Feldlerche (*Alauda arvensis*), an den hohen Maiszünslerbefall des Oderbruchs angepasst haben und auf *Bt*-Maisfeldern reduziert auftreten (mündl. Mitteilung S. Müller, 2004). Die Vögel nutzen insbesondere die Zeit nach der Maisernte, um die auf dem Feld verbliebenen Zünslerlarven aufzunehmen. BENDELL et al. (1981) beobachteten eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Auftreten des Maiszünslers und dem Rotschulterstärling (*Agelaius phoeniceus*), der die Larven des Maiszünslers als Nahrung bevorzugt. In anderen Untersuchungen von STRAUB (1989) in den USA wurde nachgewiesen, dass der Rotschulterstärling auf den stark befallenen Feldern häufiger auftrat als in den schwach befallenen Beständen. RAISER (1993) beobachtete die Saatkrähe (*Corvus frugilegus*) beim Fressen überwinternder Larven des Maiszünslers auf Maisfeldern. Feldstudien von TREMBLAY et al. (2001) belegen, dass insektenfressende Vögel Maiszünslerlarven als Nahrung nutzen und dabei einen erheblichen Einfluss auf die Populationsdichte des Maiszünslers ausüben können.

#### **2.3.4.4. Einfluss von *Bt*-Mais auf andere Lepidoptera-Raupen im Feld und außerhalb des Feldes**

Es ist nicht auszuschließen, dass die Larven anderer Schadlepidopteren oder indifferenter Lepidopteren beim Fressen am Mais durch das in *Bt*-Mais angereicherte *Bt*-Toxin geschädigt oder beeinflusst werden. Allerdings treten in den Maisfeldern außer dem Maiszünsler nur wenige andere Lepidoptera-Raupen und zudem in sehr geringer Dichte auf. In eigenen Untersuchungen wurden lediglich einzelne Exemplare von Larven der Gammaeule

(*Autographa gamma*) und des Schlehenspinners (*Orgyia antiqua*) gefunden, die grundsätzlich durch den Fraß an den Pflanzen durch das *Bt*-Toxin gefährdet sind.

SZÉNÁZI et al. (2004) stellten in einem Parzellenversuch einen negativen signifikanten Einfluss von *Bt*-Mais gegen den Baumwollkapselwurm (*Helicoverpa armigera*) fest. WAQUIL et al. (2002) konnten einen negativen Effekt von *Bt*-Maissorten auf den Heerwurm (*Spodoptera frugiperda*) nachweisen. Auch GILES et al. (2000) berichten über negative Einflüsse von *Bt*-Mais auf die Dörrobstmotte (*Plodia interpunctella*).

Schmetterlingsraupen können auch durch die Aufnahme von *Bt*-Maispollen beeinträchtigt werden (FELKE et al., 2002). Dazu zählen auch Arten, die an Unkräutern im Bestand und in Saumstrukturen leben (GATHMANN et al., 2003). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Expression des Toxins im Pollen bei den einzelnen Sorten sehr unterschiedlich sein kann (NGUYEN, 2004). Besondere Aufmerksamkeit fanden Laborexperimente von LOSEY et al. (1999) und SAXENA et al. (1999), in denen man feststellte, dass Raupen des Monarch-Schmetterlings (*Danaus plexippus*) durch die Aufnahme von *Bt*-Maispollen im Saumbereich einer erhöhten Mortalität ausgesetzt sind. Eine andere Laboruntersuchung (FELKE & LANGENBRUCH, 2001) zeigte, dass Larven des Großen Kohlweißlings (*Pieris brassicae*), des Kleinen Kohlweißlings (*Pieris rapae*) und der Kohlmotte (*Plutella xylostella*), die mit Pollen von *Bt*-Mais gefüttert wurden, eine höhere Mortalität aufwiesen, als Larven, denen Pollen von konventionellem Mais angeboten wurde. Zusätzlich nahm die Aktivität der mit *Bt*-Maispollen gefütterten Larven ab, und es wurden weitere Verhaltensänderungen beobachtet. In weiteren Laboruntersuchungen konnte ebenfalls eine höhere Mortalität des Tagpfauenauges (*Inachis io*) in jungen Larvenstadien bei Fraß von *Bt*-Maispollen festgestellt werden (FELKE & LANGENBRUCH, 2003). Desweiteren muss nach CAPRIO (1998) auf Resistenzen gegenüber *Bt*-Mais stärker geachtet werden, wie Befunde zur Kohlmotte (*Plutella xylostella*) zeigten.

In Untersuchungen von GATHMANN et al. (2004) zum Auftreten von Schmetterlingslarven in Unkrautstreifen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen *Bt*-Mais und konventionellem Mais festgestellt werden.

#### **2.3.4.5. Einfluss von *Bt*-Mais auf phytophage Arthropoden**

Im Rahmen von zahlreichen Feldstudien wurde ein großes Spektrum von phytophagen Arthropoden im Hinblick auf unterschiedliche Dichten in *Bt*-Maisbeständen und konventionellem Mais untersucht. Insbesondere galt die Aufmerksamkeit den Blattläusen, Thripsen, Zikaden und Blattflöhen (LOZZIA et al., 1998; HILBECK et al., 2000; KALTHOFF et al., 2001; BOURGUET et al., 2002; DIVELY & ROSE, 2003; GATHMANN et al., 2003; FREIER et al., 2004, OBRIST et al., 2005).

In keiner der durchgeführten Feldstudien waren signifikante Einflüsse von *Bt*-Mais nachzuweisen. Allerdings konnten in einigen Studien gewisse Änderungen des Auftretens von

Blattläusen und Thripsen in bestimmten Phasen der Vegetationsperiode im Vergleich zu konventionellen Maissorten beobachtet werden.

Untersuchungen von RAPS et al. (2001) zeigten, dass Blattläuse das *Bt*-Toxin über den Phloemsaft nicht aufnehmen können. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass Blattläuse und andere phytophage Schadinsekten über die Pflanze oder über andere Wege, z. B. über die trophische Ebene der Gegenspieler, in einer Wechselwirkung stehen, die auch noch durch die Spezifität der *Bt*-Mais-Genotypen modifiziert wird (LEOPOLD & VIDAL, 2003).

Denkbar ist ebenfalls, dass die Abundanz von Blattläusen durch die Abwesenheit des Maiszünslers an *Bt*-Maissorten im Vergleich zur Anwesenheit des Maiszünslers an konventionellen Sorten (BOURGUET et al., 2002; DIVELY & ROSE, 2003) beeinflusst wird.

#### **2.3.4.6. Einfluss von *Bt*-Mais auf Prädatoren und parasitische Arthropoden**

Unter den Prädatoren und parasitischen Nützlingen sind, wie bereits oben erwähnt, einige auch als Gegenspieler des Maiszünslers wirksam (BOURGUET et al., 2002). Besonders gilt das Interesse dabei den *Orius*-Wanzen (Anthocoridae). ATTIA (1985) hat festgestellt, dass polyphage Antagonisten am Mais durchaus bedeutende Effekte bei der natürlichen Kontrolle der Maiszünslereier und -larven erzielen. Das zeigten Feldstudien für die Anthocoriden und Laborexperimente für die Coccinelliden, die hauptsächlich die Maiszünslereier fraßen.

Direkte Effekte von *Bt*-Mais auf *Orius*-Wanzen konnten aber weder von PILCHER et al. (1997) und POZA et al. (2005) im Freiland noch von ZWAHLEN et al. (2000) und PONS et al. (2004) im Labor festgestellt werden. In einer großangelegten Untersuchung von zwölf Maisfeldpaaren (*Bt*-Mais und konventioneller Mais) in Ohio wurde nur in einem Feldpaar ein signifikanter Unterschied im Auftreten von *Orius* spp. nachgewiesen (JASINSKI et al., 2003). Im Hinblick auf Coccinelliden scheinen ebenfalls keine Auswirkungen vom *Bt*-Mais auszugehen (PILCHER et al., 1997; KALTHOFF et al., 2001).

Durch die Anwesenheit des Maiszünslers kann ebenso das Verhalten der Florfliege (*Chrysoperla carnea*) beeinflusst werden. So konnte eine Beeinflussung des Fraßverhaltens der Florfliegenlarven nachgewiesen werden (MEIER & HILBECK, 2001). In Laborversuchen entschieden sich die Larven der Florfliege für die Afrikanische Baumwolleneule (*Spodoptera littoralis*), die nicht mit *Bt*-Pollen gefüttert wurden, im Vergleich zu jenen, die *Bt*-Pollen fraßen. Außerdem wiesen Florfliegen, die bei der Aufnahme von Zünslerraupen, die sich von *Bt*-Mais ernährt haben, eine höhere Sterblichkeit auf (HILBECK et al., 1998).

#### **2.3.4.7. Einfluss von *Bt*-Mais auf Nichtzielarthropoden im Boden**

Toxinanreicherungen über Ernterückstände im Boden und damit entsprechende Effekte auf das Bodenleben können ebenfalls nicht ausgeschlossen werden (SAXENA et al., 1999). WANDELER et al. (2002) untersuchten den Einfluss von *Bt*-Mais auf die Zersetzungstätigkeit

der Kellerassel (*Porcellio scaber*) und stellten Unterschiede zwischen einzelnen Maissorten fest, wobei es Hinweise auf einen langsameren Abbau der Substanz in Böden mit *Bt*-Mais gibt. Untersuchungen von ZWAHLEN et al. (2003) zeigten keinerlei Effekte von *Bt*-Mais auf den Regenwurm (*Lumbricus terrestris*). In einer breit angelegten Feldstudie von PRESCHER et al. (2004) zum Einfluss von *Bt*-Mais auf saprophytische Diptera-Arten im Boden konnten keine negativen Auswirkungen auf das Auftreten und die Diversität der im Boden lebenden Larven nachgewiesen werden.

## **2.4. Methodische Vorgehensweise in den einzelnen Feldstudien**

### **2.4.1. Vorbereitende Überlegungen**

Aus den bisherigen Erkenntnissen leitet sich die begründete Hypothese ab, dass der Anbau von *Bt*-Mais in Maiszünsler-Befallsgebieten mit Auswirkungen auf die ökologischen Strukturen, insbesondere auf Arthropodengesellschaften, von Maisfeldern und ihrer Saumbiotope verbunden sein kann.

Anhand von Feld-Feld-Untersuchungen (ROTHERY et al., 2002; PERRY et al., 2003), oder Parzellenversuchen (ANONYMUS, 2005b) ist es möglich, die Abundanz von Arthropoden auf definierten Feldern oder Parzellen zu bestimmen und miteinander zu vergleichen. Weiterhin ist es möglich, in allen Untersuchungen, in denen ein besonders breites Spektrum an Taxa untersucht wird, die Diversität zu bewerten. Vorab müssen aber weitere grundsätzliche Überlegungen angesprochen werden:

Laborexperimente mit genau definierten „ökologischen Gegebenheiten“, sogenannte „worst case-Laborexperimente“, sind wichtig zur Aufklärung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen, spiegeln aber die komplexen Freilandbedingungen nicht realistisch wider. So haben Untersuchungen zur Bewertung schädlicher Auswirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Nichtzielarthropoden gezeigt, dass eine Übertragung von Ergebnissen, die in Labor- oder Semifeldexperimenten gewonnen wurden, auf das Feld nicht ohne weiteres möglich ist. Unter Feldbedingungen sind ökologische Zustände durch eine hohe Streuung gekennzeichnet, und den abträglichen Effekten wirken Erholungsprozesse entgegen (BROWN, 1998). Deshalb ist es notwendig, neben den akuten Auswirkungen, z. B. innerhalb der Wachstumsperiode, auch längerfristige Auswirkungen, die erst nach einem Jahr untersucht werden können, am Ort des Eingriffs zu studieren. Unannehmbare bzw. schädliche Eingriffe liegen dann vor, wenn die Effekte auch noch nach einem Jahr nachzuweisen sind (BARRETT et al., 1994). In diesem Zusammenhang finden im politisch geforderten Monitoringprogramm nicht nur singuläre Betrachtungen eventueller Effekte von *Bt*-Mais auf einzelne Indikatoren große Beachtung, sondern auch komplexe Auswirkungen, sogenannte akkumulierte Umweltauswirkungen

(Richtlinie 2001/18/EG, Anhang VII, 2001, WILHELM et al., 2003), die im Rahmen von Feldstudien durchgeführt werden sollen.

In Deutschland werden Feldstudien zu ökologischen Auswirkungen von *Bt*-Mais seit dem Jahr 2000 durchgeführt. Erste Untersuchungen der BBA Kleinmachnow (KALTHOFF et al., 2001) zum Auftreten von Arthropoden in *Bt*-Mais im direkten Vergleich mit isogenem und konventionellem Mais im Jahr 2000 wurden vom BMBF im Rahmen des Forschungsvorhabens „Monitoring der Anpassung des Maiszünslers an transgenen *Bt*-Mais“ gefördert. Neben diesen Feld-Feld-Vergleichen, die aus der Sicht der statistischen Auswertung eine möglichst große Anzahl parallel durchgeführter Feldstudien voraussetzen (ROTHERY et al., 2002; PERRY et al., 2003), werden auch große Feldparzellenversuche angelegt (ANONYMUS, 2005b), die zwar echte Wiederholungen aufweisen, aber aufgrund ihrer geringen Größe, den Nachteil der Erfassung zahlreicher mobiler Insekten mit sich bringen (KENNEDY, 1994).

#### **2.4.2. Bonituren und Ganzpflanzenernten**

Bonituren im Feld verschaffen einen schnellen und genauen Überblick des Auftretens von Arthropoden. Da aber bei Bonituren die Arterkennung nicht bei allen Taxa möglich ist, erweisen sich jene Untersuchungen für Aussagen zur Diversität geeigneter, bei denen eine Determination des Tiermaterials im Labor erfolgt. Dazu zählen Entnahmen von Ganz- und Teilpflanzen, an denen sich die Arthropoden befinden, oder indirekte Erfassungsmethoden wie Gelbschalenfänge (KALTHOFF et al., 2001) und Bodenfallenfänge (siehe 2.4.3.).

Eine geeignete methodische Grundlage der Stichprobe ist die Linienbonitur im Scheitel eines Feldes. Nach dem Grundschemata wird der Schlag oder die Parzelle rechtwinklig begangen. Die Boniturlinie beginnt 15-20 Meter vom Schlagrand entfernt. Im Abstand von 20 Metern werden in der Regel an mindestens fünf Punkten jeweils fünf oder mehr Beobachtungseinheiten (Pflanzen, Pflanzenteile) bonitiert (SCHWÄHN & RÖDER, 1982). FREIER (2001), FREIER et al. (2001), VOLKMAR & FREIER (2003) und VOLKMAR et al. (2004) gehen von fünf bis zehn Punkten mit jeweils drei Beobachtungseinheiten in einer Linie aus, um eine repräsentative Stichprobe zu erhalten.

Eine wichtige Frage besteht darin, welche Taxa in welcher Dichte in Maisbeständen auftreten. Aufgrund der Erhebungen im Oderbruch und bei Halle/S. in den Jahren 2000 und 2001 (KALTHOFF et al., 2001) war ein erstes Bild über die Präsenz- und Dominanzverhältnisse der vorzufindenden Arthropoden gegeben (Tab. 1). Die Genauigkeit der taxonomischen Bestimmung war jedoch sehr unterschiedlich, da die Determination ohne Einbindung von Spezialisten erfolgte. In diesen zwei Jahren konnte gezeigt werden, dass nur wenige Taxa in hoher Dichte vorkamen. Die Taxa wurden nach folgenden trophischen Ebenen klassifiziert:

Herbivore Arthropoden, karnivore Arthropoden, polyphage herbivore/karnivore Arthropoden sowie mykophage und saprophytische Arthropoden. Die Einteilung innerhalb der Ebenen erfolgte nach dem hauptsächlichlichen Fraßverhalten.

**Tab. 1: Arthropoden in Maisbeständen des Oderbruchs 2000 - 2001**

+ Platzierung der Taxa in der jeweiligen trophischen Ebene entsprechend dem hauptsächlichlichen Fraßverhalten der meisten Arten.

#### **Herbivore Arthropoden**

Cicadina, inkl. Larven; Psyllina; Aphididae (*Sitobion avenae*, *Metopolophium dirhodum*, *Rhopalosiphum padi*); Aphididae, andere Arten; Blattlausmumien; verpilzte Blattläuse; *Lygus rugulipennis*; *Lygus pratensis*; *Lygus*, andere Arten; *Anthocoris* spp., andere Arten; *Stenodema* spp., inkl. Larven; Miridae, andere Arten +; *Emblethis verbasci*; Lygaeidae, andere Arten; *Coptosoma scutellatum* (Plataspidae); Heteroptera, andere Arten, inkl. Larven +; Thysanoptera; *Ceutorrhynchus* spp.; *Sitona* spp.; Curculionidae, andere Arten; Apionidae; *Oulema gallaeciana*; *Oulema melanopus*; *Oulema*, andere Arten; Alticinae, andere Arten; *Phyllotreta* spp.; Nitidulidae +; Phalacridae +; Elateridae; Hymenoptera, andere Arten; Tenthredinidae; Aculeata +; *Ostrinia nubilalis*, Larven; Pterophoridae; Pyraloidae, andere Arten; Noctuidae Larven; Lepidoptera, andere Arten; Lepidoptera, andere Arten, Larven; Lepidoptera, andere Arten, Puppe; Trichoptera; Cecidomyiidae; Cecidomyiidae Larven; Nematocera, andere Arten.

#### **Karnivore Arthropoden**

Araneae; Acari; *Nabis* spp.; Nabidae, andere Arten; *Chrysopa carnea*; *Chrysopa carnea*, Larven; *Chrysopa carnea*, Puppe; *Tachyporus hypnorum*; Staphylinidae, andere Arten; Staphylinidae, andere Arten, Larven; *Cantharis fulvicollis* +; *Cantharis rufa*; *Rhagonycha fulva*; *Cantharis* spp., andere Arten; *Coccinella 7-punctata*; *Coccinella 7-punctata*, Larven; *Coccinella 7 punctata*, Puppe; *Adalia 2-punctata*; *Adalia 2-punctata*, Larven; *Propylea 14-punctata*; *Propylea 14-punctata*, Larven; *Propylea 14-punctata*, Puppe; *Coccinula 14-pustulata*; *Tythaspis 16-punctata*; *Hippodamia 13-punctata*; Coccinellidae, andere Arten, Larven; Coccinellidae, andere Arten, Puppe; *Bembidion* spp.; *Notiophilus* spp.; *Microlestes minutulus*; *Loricera pilicornis*; *Calathus melanocephalus*; *Lagria hirta*; *Trechus quadristriatus*; *Ophonus rufibarbis*; *Demetrias atricapillus*; *Dasytes* spp.; Coleoptera, andere Arten, Larven +; Parasitica, andere Arten; Formicidae +; Ichneumonidae; Dolichopodidae; Empididae; *Episyrphus balteatus*; Syrphidae, andere Arten +; Syrphidae, Larven; Syrphidae, Puppe; Brachycera, andere Arten +; Brachycera, andere Arten, Larven +; Brachycera, andere Arten, Puppe +; Diptera, andere Arten, Larven +; Diptera, andere Arten, Puppe +.

#### **Polyphage herbivore/karnivore Arthropoden**

*Orius* spp., inkl. Larven; Hemerobiidae; *Forficula auricularia*.

#### **Mykophage und saprophytische Arthropoden**

Collembola; Psocoptera; *Notoxus monocerus*; Cryptophagidae; Lathridiidae; Leiodidae; Dermestidae Larven; Laemophloeidae +; Hydrophilidae +; Platystomatidae; Nematocera, andere Arten, Larven +.

Bei der agrarökologischen Bewertung kurz- und langfristiger Auswirkungen definierter Eingriffe kann nicht die gesamte Arthropodenzönose, sondern nur ein Spektrum von Bioindikatoren berücksichtigt werden. Bioindikatoren zeigen stoffliche Umwelteinflüsse an, sind aber auch geeignet, die natürlichen abiotischen und biotischen Standortqualitäten als Grundlage für Zustandsbeurteilungen und Entwicklungsprognosen zu indizieren (RIECKEN, 1990).

In Anlehnung an Arbeiten von PILCHER et al. (1997), HILBECK et al. (2000), ZWAHLEN et al. (2000), KALTHOFF et al. (2001) und BOURGUET et al. (2002) wurde in den nachfolgenden Untersuchungen ein besonderes Augenmerk auf Thysanopteren (Thripse) und Heteropteren (Wanzen) gerichtet. Die wenigen Thripse-Arten die an Maispflanzen auftreten, sind durchweg Pflanzensaftsauger. Unter den Wanzen hingegen sind ohne Spezialisten nur wenige Familien, Gattungen und Arten zu bestimmen. Sie stellen eine heterogene Gruppe dar, da neben phytophagen Arten auch zahlreiche karnivore und polyphage Spezies vorkommen. In einigen Studien konnten gewisse Änderungen des Auftretens, besonders von Thripsen, im Verlauf der Vegetation im Vergleich von *Bt*- mit konventionellen Maissorten beobachtet werden. Außerdem sind Thripse und Wanzen jährlich anzutreffen und kommen in repräsentativer Anzahl vor.

Weiterhin wird der natürlichen Regulation von Schädlingen durch Antagonisten (natural control) eine große Bedeutung im integrierten Pflanzenschutz beigemessen. Im Ackerbau haben dabei besonders die Prädatoren der Getreideblattläuse, wie die relativ blattlausspezifischen Coccinelliden, Syrphiden und Chrysopiden, aber auch die polyphagen Carabiden und Araneae große Aufmerksamkeit erfahren (FREIER et al., 1999, FREIER et al., 2003). Um dieser Prädatorgesellschaft (predator community), die unterschiedlich stark auftreten kann, eine Gesamtwirkung zuzuteilen, wird den einzelnen Prädatoren ein unterschiedliches, auf sie abgestimmtes Prädatopotential (Tab. 2) zugeordnet und als Prädatoreinheit (predator unit, PU) ausgewiesen (FREIER et al., 1997).

**Tab. 2: Prädatoren und ihr Prädatopotential**

PU = Prädatoreinheiten (FREIER et al. 1997)

| Prädatör         | Stadium       | PU    |
|------------------|---------------|-------|
| Coccinella       | L1-L3         | 0,160 |
|                  | L4            | 0,500 |
|                  | Imago         | 0,940 |
| Propylea         | L1-L3         | 0,120 |
|                  | L4            | 0,340 |
|                  | Imago         | 0,580 |
| Syrphidae        | Larve         | 0,460 |
| Chrysopidae      | Larve         | 0,140 |
| Carabidae > 1 cm | Imago         | 0,180 |
| Carabidae < 1 cm | Imago         | 0,020 |
| Carabidae        | Larven        | 0,004 |
| Staphylinidae    | Imago & Larve | 0,003 |
| Araneae          | Imago         | 0,002 |

Das von transgenen Maispflanzen expremierte *Bt*-Toxin wird nach bisherigem Kenntnisstand nicht im Phloem transportiert. Es kann folglich durch Phloemsauger, wie Getreideblattläuse,

kaum aufgenommen werden. Eine direkte Intoxikation sowohl der Blattläuse als auch höherer trophischer Ebenen ist somit unwahrscheinlich. Dennoch ist nicht ausgeschlossen, dass die gentechnische Veränderung der Maispflanze Störungen des komplexen Nahrungsnetzes (Pflanze – Herbivor – Parasitoid) zur Folge hat. Vor allem Parasitoide reagieren aufgrund ihrer hohen Spezialisierung sehr empfindlich auf Veränderungen einzelner Systemkomponenten (VÖLKL & KELLER, 1991). Veränderungen spezifischer Duftstoffe der transgenen Pflanze, die für Parasitoide als Botenstoffe Bedeutung haben, können z. B. Einfluss auf den Wirtsfindungserfolg haben (LEOPOLD & VIDAL 2003).

Am Mais sind hauptsächlich drei Blattlausarten anzutreffen: *Sitobion avenae* (Große Getreideblattlaus), *Metopolophium dirhodum* (Bleiche Getreideblattlaus) und *Rhopalosiphum padi* (Haferblattlaus). Die mit der Haferblattlaus nahe verwandte Maisblattlaus *Rhopalosiphum maidis*, die in wärmeren Klimazonen die wichtigste schädigende Blattlausart darstellt, tritt in Mitteleuropa nur sporadisch auf (HURLE et al., 1996).

### 2.4.3. Bodenfallenfänge

In der ökologischen Forschung gelten epigäische Arthropoden aufgrund des Wissensstandes zu Fragen der Biotopbindung, Phänologie und Ernährung vieler Arten als hervorragende Bioindikatoren agrarischer Ökosysteme und zur Beurteilung von Pflanzenschutzmaßnahmen in Feldkulturen (HEYDEMANN, 1955; PAWLIZKI, 1984; KNAUER & STACHOW, 1987). Die meisten Spezies leben räuberisch und polyphag. Sie bilden damit ein ständig aktionsfähiges Potential zur Regulierung von Pflanzenschädlingen (SCHERNEY, 1959; BASEDOW, 1973; SUNDERLAND & VICKERMAN, 1980; EDWARDS & GEORGE, 1981). Aussagen zur Diversität und Stabilität können sowohl anhand einzelner Arten, als auch auf dem Niveau funktioneller Gruppen, z. B. Araneae oder Carabidae, getroffen werden. Aufgrund der zumeist hohen Arten- und Individuenzahlen (TISCHLER, 1958; GREENSLADE, 1964; BASEDOW, 1973; THIELE, 1977) und der großen Bewegungsaktivität (HEYDEMANN, 1964; BOER, 1971) gehören Laufkäfer (Carabidae) neben Spinnen (Araneae) und Kurzflügelkäfern (Staphylinidae) zu den bedeutendsten epigäischen Raubarthropoden in landwirtschaftlichen Kulturen (SUNDERLAND, 1975; EDWARDS et al., 1979; WETZEL, 2004) mit einer bedeutenden Stellung hinsichtlich des Biovolumens (SCHWERDTFEGER, 1975).

Die Bodenfallenfänge wurden in Anlehnung an die Linienbonitur durchgeführt (siehe 2.4.2). Sie erlauben Aussagen zur Aktivitätsdichte, also zur Anzahl der Tiere, die durch aktive Bewegung in einem bestimmten Zeitabschnitt gefangen werden und keinen echten Raumbezug haben, sowie zur Diversität. FREIER (2001), FREIER et al. (2001), VOLKMAR & FREIER (2003) und VOLKMAR et al. (2004) gehen von sechs bis zehn Bodenfallen im Abstand von 20 m in einer Linie aus. Als Leerungsrhythmus hat sich eine Woche bewährt.

### 2.4.3.1. Carabidae (Laufkäfer)

Eine der größten, weltweit verbreiteten Familien aus der Insektenordnung der Käfer bilden die Carabidae (Laufkäfer). Bisher sind etwa 20.000 Arten bekannt, davon kommen etwa 770 Spezies in Mitteleuropa und 553 Spezies in Deutschland vor (SCHERNEY, 1959; TRAUTNER et al., 1997).

Laufkäfer besiedeln alle Ackerflächen in großer Zahl (THIELE, 1977), wobei sich durch die anthropogene Beeinflussung der Kulturlandschaft innerhalb der Agroökosysteme charakteristische Lebensgemeinschaften herausbilden (TISCHLER, 1956; 1958; PAWLIZKI, 1984). Die Laufkäfergemeinschaft eines Feldes ist dabei als relativ stabil anzusehen (BASEDOW et al., 1976; LUFF, 1982) und bildet einen weitestgehend ähnlichen Grundbestand an typischen Arten in Agroökosystemen verschiedener Standorte (SCHERNEY, 1955; TISCHLER, 1980; HEYDEMANN, 1983; BRYAN & WRATTEN, 1984; KREUTER, 2002). Als charakteristische Spezies landwirtschaftlicher Flächen in Mitteldeutschland sind *Poecilus cupreus*, *Pterostichus melanarius*, *Pseudoophonus rufipes*, *Trechus quadristriatus*, *Bembidion lampros*, *Agonum mülleri*, *Carabus granulatus*, *Platynus dorsalis* und *Harpalus affinis* zu nennen. In der Regel besiedeln ca. 100 Arten landwirtschaftliche Nutzflächen (KREUTER, 2002).

Für eine unterschiedliche Ausprägung und Zusammensetzung der Carabidenzönose sind Faktoren wie Witterung, Bodentyp, Feuchtigkeitsgrad (SCHERNEY, 1955; LÜCKE, 1960; SCHERNEY, 1961; NOVAK, 1968; BRASSE, 1975; HEYDEMANN, 1983), Vorfrucht, Kulturpflanzenbestand (HEYDEMANN, 1955; GEILER, 1956/57; PAUER, 1975; PAWLIZKI, 1984; SCHREITER & ROTH, 1997), Anbauverfahren, Bewirtschaftungsweisen (MÜLLER, 1968; BASEDOW, 1987; KNAUER & TIMMERMANN, 1990; BLAKE et al., 1994; FREIER et al., 1999; ZIMMERMANN & BÜCHS, 1999; LÜBKE AL HUSSEIN, 2000; KREUTER, 2002; LÜBKE AL HUSSEIN, 2002) und die Landschaftsstruktur (STECHMANN, 1988) verantwortlich.

Carabidenpopulationen der Felder setzen sich aus Arten verschiedener phänologischer Typen zusammen (BASEDOW et al., 1976). Entsprechend ihrer Lebensweise unterscheidet MÜLLER (1968) drei Typen (Frühlingstiere, Frühlingstiere mit Herbstbestand, Herbsttiere), GEILER (1956/57) zwei Typen (Frühlings- und Herbsttiere) und PAARMANN (1979) sieben Typen. Ausführungen zur Lebensweise einzelner Spezies finden sich bei SCHERNEY (1955; 1959; 1961), GEILER (1956/57), WEBER (1965) und PAWLIZKI (1984).

Die meisten Carabidenarten leben polyphag (BASEDOW et al. 1976). Übersichten zur Ernährungsweise einzelner Arten liefern SCHERNEY (1959), THIELE (1977) und PAWLIZKI (1984).

Die verschiedenen Lebensweisen sind entscheidende Faktoren bei der Festlegung von Fangzeiträumen, der Fallenanzahl im Feld, Abstand der Fallen zueinander, aber auch bei der Auswahl verschiedener Carabidenarten als Indikatoren.

### 2.4.3.2. Araneae (Spinnen)

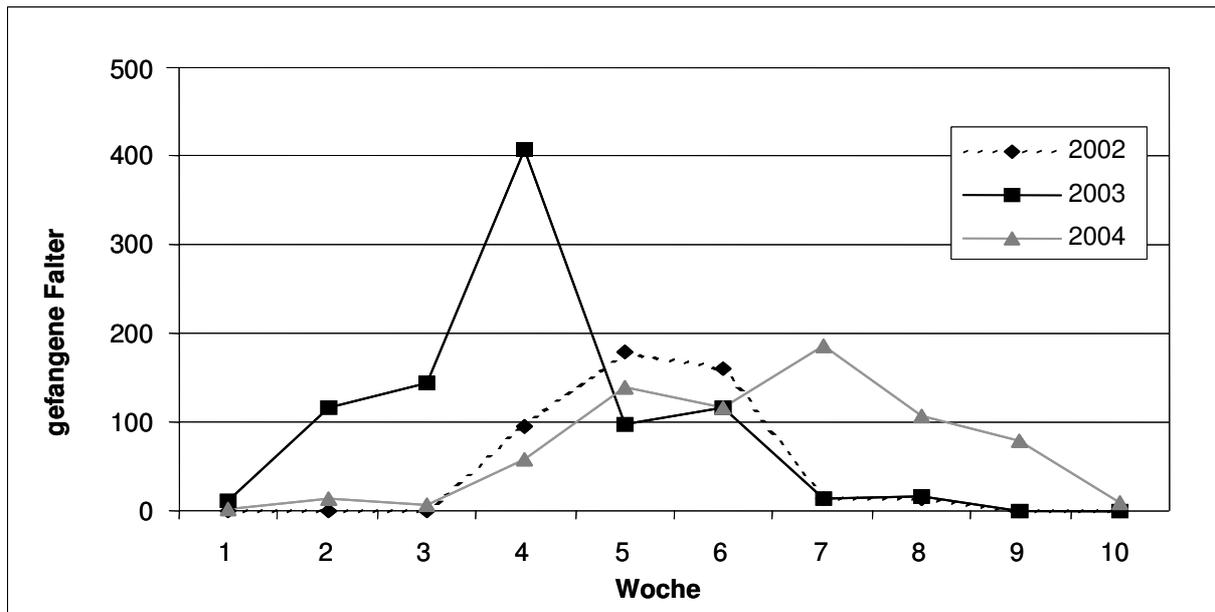
Von den weltweit 30.000 beschriebenen Spezies der Webspinnen, die in über 100 Familien zusammengefasst werden, lassen sich in Deutschland etwa 956 Webspinnenarten nachweisen (PLATEN et al., 1995). Durch ihre große Arten- und Individuendichte gehören Spinnen zu den häufigsten Kleinräubern in terrestrischen Ökosystemen (NYFFELER & BENZ, 1982). Auf Agrarflächen sind vorwiegend Spezies aus den Familien *Linyphiidae* (Baldachin- und Zwergspinnen), *Theridiidae* (Haubennetzspinnen), *Tetragnathidae* (Dickkieferspinnen), *Lycosidae* (Wolfspinnen), *Gnaphosidae* (Glattbauchspinnen), *Thomisidae* (Krabbenspinnen), *Araneidae* (Radnetzspinnen), *Clubionidae* (Sackspinnen), *Pisauridae* (Raub- oder Jagdspinnen) und *Philodromidae* (Laufspinnen) nachzuweisen.

Spinnen ernähren sich oligophag zu über 90 % von Insekten (NYFFELER & BENZ, 1981), wobei sich das Nahrungsspektrum allgemein in Schadinsekten (z. B. Blattläuse, Feldheuschrecken, Schnellkäfer), Nutzinsekten (z. B. Honigbiene, Florfliege, Marienkäfer) und Indifferente (z. B. Collembolen) einteilen lässt (NYFFELER & BENZ, 1979). Ebenso wie die Kenntnisse der verschiedenen Lebensweisen bei Carabiden, spielt das Wissen über die Lebensweisen von Spinnen bei der Festlegung von Fangzeiträumen, der Fallenanzahl im Feld, Abstand der Fallen zueinander, aber auch der Eignung verschiedener Spinnenarten als Indikatoren eine entscheidende Rolle.

### 2.4.4. Befallsbonituren und Schadbildbonituren des Maiszünslers

Zur Erfassung des Schaderregerauftretens, in diesem Fall des Maiszünslers, gibt es verschiedenste Methoden. Witterungskriterien oder pflanzenphänologische Ereignisse, bei denen der Maiszünsler nicht selbst beobachtet wird, lassen nur mittelbar auf sein Auftreten schließen. Weitere Methoden bestehen darin den Maiszünsler direkt zu bonitieren, das Eigelegvorkommen zu erfassen, oder durch Licht- bzw. Pheromonfallen den Flug des Falters zu ermitteln. Letztere Methode erlaubt eine einfache und relativ exakte Feststellung des Flugbeginns und der Flughöhepunkte des Maiszünslers in einer Region (SCHWÄHN & RÖDER, 1982).

In jedem Untersuchungs-jahr wurde der genaue Termin der ersten Falterflüge durch den Pflanzenschutzdienst Frankfurt/Oder mitgeteilt (Abb. 3). Der Pflanzenschutzdienst verfügt in der Oderbruchregion (2002 Golzow, 2003 und 2004 Neutrebbin) über Lichtfallen und Pheromonfallen, so dass der Termin der Eiablage der weiblichen Zünslers genau bestimmt, aber auch Dichteverhältnisse geschlussfolgert werden konnten. Dieser Termin war maßgeblich für den Zeitpunkt der chemischen und biologischen Bekämpfungsvariante. Hierbei zeigt sich, wie unterschiedlich der Falterflug zwischen den Jahren sein kann. Weiterhin wird die „Unvorhersehbarkeit“ des Falterfluges innerhalb eines Jahres deutlich.



**Abb. 3: Fangergebnisse mit Pheromonfallen zur Terminbestimmung des Maiszünslerfluges**  
 Beginn der Messungen: 01.06., Ende der Messungen: 08.08. (Daten des Pflanzenschutzdienstes Frankfurt/Oder)

#### 2.4.5. Ertragsmessungen sowie Energie- und Qualitätsbestimmungen bei Mais

Bedingt durch den Befall des Maiszünslers liegt die Vermutung nahe, dass zum einen der Ertrag der Ernte direkt gemindert wird, aber auch durch den einhergehenden physiologischen Stress die Ertragsleistung der Maispflanze beeinträchtigt und damit der Futterwert verringert wird (DEGENHARDT et al., 2003). Eine mögliche weitere Qualitätsminderung durch das vermehrte Eindringen von Pilzen in die entstandenen Eintrittspforten (MUNKVOLD et al., 1999) wird gesondert unter Punkt 2.4.6. beschrieben.

Bei der Festlegung des richtigen Erntebeginns hilft die Untersuchung der Maisbestände auf den erreichten Trockensubstanz (TS)-Gehalt. Dafür bietet für die Oderbruch-Region der Landeskontrollverband Brandenburg e. V. Waldsiefersdorf (LKV Brandenburg e. V.) einen TS-Schnelldienst an (LANDESKONTROLLVERBAND, 2004). Der TS-Wert wird am folgenden Arbeitstag mitgeteilt. Für die Probennahme gibt es zwei Möglichkeiten: Abgabe von drei bis fünf Kolben oder etwa 500 g Häckselgemisch der Gesamtpflanze je Probe. Für die Untersuchung fällt eine Gebühr von 4,94 € pro Probe (Netto) an. Im Hinblick auf eine hohe Futterqualität gelten folgende Ernteempfehlungen: TS-Gehalt im Kolben 50 – 55 % bzw. TS-Gehalt in der Gesamtpflanze 30 – 35 %.

Außerdem werden weitere Untersuchungen der Maissilagen bezüglich Rohnährstoffgehalt (Rohasche, Rohprotein, Rohfaser und Stärke) und Energiekonzentration (Nettoenergie, umsetzbare Energie) durchgeführt und für die Region Brandenburg jährlich ausgewertet (Tab. 3).

**Tab. 3: Roh Nährstoffgehalt und Energiekonzentration von Maissilagen der Jahre 2001 - 2004 in der Region Brandenburg**

TS = Trockensubstanz, RA = Rohasche, RP = Rohprotein, Rfa = Rohfaser, NEL = Nettoenergie Laktation, ME-R = metabolized energy (umsetzbare Energie - Rind), Mittelwert der 25 % besten Proben sind nach der Energiekonzentration (EK) gewertet, n (2001) = n.a., n (2002) = 361, n (2003) = 426, n (2004) = 626 (LANDESKONTROLLVERBAND, 2002; 2003; 2004).

| Roh Nährstoff<br>und EK |          | Mittelwerte |      |      |      | 25 % beste Proben |      |      |      | Variationsbereich |            |            |
|-------------------------|----------|-------------|------|------|------|-------------------|------|------|------|-------------------|------------|------------|
|                         |          | 2001        | 2002 | 2003 | 2004 | 2001              | 2002 | 2003 | 2004 | 2002              | 2003       | 2004       |
| TS                      | g/kg     | 334         | 378  | 361  | 329  | 346               | 399  | 374  | 348  | 250 - 495         | 250 - 490  | 220 - 490  |
| RA                      | g/kg TS  | 41          | 40   | 47   | 43   | 36                | 36   | 41   | 40   | 30 - 65           | 30 - 75    | 30 - 80    |
| RP                      | g/kg TS  | 82          | 77   | 86   | 83   | 80                | 78   | 82   | 83   | 55 - 105          | 60 - 115   | 60 - 110   |
| Rfa                     | g/kg TS  | 190         | 189  | 223  | 213  | 169               | 166  | 193  | 191  | 150 - 255         | 165 - 275  | 165 - 275  |
| Stärke                  | g/kg TS  | 307         | 325  | 237  | 268  | 356               | 380  | 312  | 319  | 160 - 450         | 50 - 395   | 40 - 395   |
| NEL                     | MJ/kg TS | 6,6         | 6,7  | 6,3  | 6,4  | 6,9               | 6,9  | 6,6  | 6,7  | 5,8 - 7,1         | 5,6 - 6,9  | 5,7 - 6,9  |
| ME-R                    | MJ/kg TS | 11,0        | 11,0 | 10,5 | 10,7 | 11,3              | 11,4 | 11,0 | 11   | 9,9 - 11,6        | 9,6 - 11,3 | 9,7 - 11,4 |

Die Stärkeeinlagerung in die Körner soll weitgehend abgeschlossen sein. Das ist bei TS-Gehalten im Kolben von etwa 55 – 60 % im Korn der Fall. Bei diesem Reifegrad wird eine noch gesunde und standfeste „Restpflanze“ gewünscht. Bei entsprechender Häckselqualität muss das Siliergut gut verdichtbar ( $> 250 \text{ kg TS/m}^3$ ) sein. Zu beachten ist, dass die Sorten den angegebenen TS-Bereich in unterschiedlicher Zeit „durchwachsen“. Die Züchter nennen diese Eigenschaft „Ernteflexibilität“. Während einige Sorten mehr als eine Woche für eine TS-Zunahme von 30 % auf 35 % benötigen, also als flexibel einzustufen wären, gibt es andere, die wesentlich schneller abreifen. Das erklärt auch, dass sich die Frage nach der täglichen TS-Zunahme im Kolben und insbesondere in der Gesamtpflanze schwer beantworten lässt. Neben den Sortenunterschieden spielen die Witterungsbedingungen vor und während der Ernte eine entscheidende Rolle (LANDESKONTROLLVERBAND, 2004).

#### 2.4.6. Das Problem mit *Fusarium*-Pilzen und Mykotoxinen im Mais

Aus den durch die Fraßaktivität der Maiszünslerlarve resultierenden mechanischen Verletzungen des Pflanzengewebes wird das Eindringen von Pilzen in die Pflanze begünstigt (MUNKVOLD et al., 1999; FORGET-RICHARD et al., 2002; PIVA & PIETRI, 2002; TATLI, 2002).

Arten der Gattung *Fusarium* gehören zu den bedeutendsten pilzlichen Krankheitserregern an Mais. Zum einen können sie an der Maispflanze Wurzel-, Stängel- und Kolbenfäule verursachen, zum anderen sind sie in der Lage, durch die Bildung von sekundären Stoffwechselprodukten, die Qualität des Erntegutes zusätzlich zu mindern (DEGENHARDT et al., 2003). Diese für Tier und Mensch giftigen Mykotoxine stellen besonders für Regionen, in denen Mais oder Maisprodukte die Hauptnahrungsmittel sind, eine besondere Gesundheitsgefährdung dar.

#### 2.4.6.1. *Fusarium*-Arten

Pilze der Gattung *Fusarium* sind weltweit verbreitet und weisen ein breites Wirtsspektrum auf. So kommen z. B. an Baumwolle *Fusarium oxysporum*, an Reis *Fusarium fujikuroi* oder an Weizen, Gerste und Hafer *Fusarium culmorum*, *Fusarium graminearum* und *Fusarium pseudograminearum* vor (SUMMERELL et al., 2003).

Im Getreideanbau, besonders im Weizenanbau, kann ein Ährenbefall in starken Befallsjahren zu Ertragseinbußen von bis zu 30 % führen (RODEMANN & BARTELS, 2004). Neben dem Weizen gilt auch der Mais als bevorzugte Wirtspflanze für verschiedene *Fusarium*-Arten (LEPSCHY, 1992).

Dabei sind überwiegend die Arten *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* (= *Fusarium moniliforme*), *Fusarium proliferatum* und *Fusarium subglutinans* für eine Infektion der Maispflanze verantwortlich (LOGRIECO & BOTTALICO, 1988; CHELKOWSKI, 1989; NELSON, 1992; LOGRIECO et al., 1993; SCHAAFSMA et al., 1993; VIGIER et al., 1997). Darüber hinaus kann auch *Fusarium sporotrichioides* in einigen Jahren eine Rolle spielen (VIGIER et al., 1997). Diese pflanzenpathogenen *Fusarium*-Arten können Infektionen am Samen, an der Wurzel, am Stängel und am Kolben verursachen.

Eine Infektion des Samenkorns kann zu aufgeweichten, bräunlich verfärbten Wurzeln und zum kompletten Versagen der Keimung führen. Aus diesem Grund sind Maiskolben, die von Pilzen der Gattung *Fusarium* befallen, sowie teilweise mit Myzel überzogen sind, nicht mehr für die Saatgutproduktion verwendbar. Eine Infektion der Wurzeln durch *Fusarium* spp. kann während der gesamten Vegetationszeit stattfinden. Bis zur Ernte nimmt der Wurzelbefall zu. Bei vollständigem Befall der Wurzeln wird die Maispflanze instabil, so dass abgeknickte Pflanzen zu steigenden Ernteverlusten führen können. Es besteht eine enge Beziehung zwischen Wurzel- und Stängelfäule. Ausgehend von der Wurzel verbreiten und entwickeln sich die Pilze über die Stängelbasis bis in den gesamten Stängel (KRÜGER, 1989). Die Anfälligkeit des Kolbens für eine Infektion mit Pilzen der Gattung *Fusarium* wird durch die verschiedenen Inzuchtlinien und deren Hybride durch das Stadium der Kolbenentwicklung bzw. Kolbenreife und durch die Umweltbedingungen beeinflusst. Spätabreifende Sorten sind aufgrund der langsamen Wasserabgabe im Korn für eine Kolbeninfektion anfälliger (TEICH, 1989).

Untersuchungen von REID et al. (2002) zur Infektion des Kolbens über die Narbenfäden durch *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum* und *Fusarium subglutinans* ergaben, dass diese, ein bis sechs Tage nach dem Erscheinen der Narbenfäden, am anfälligsten für eine Infektion sind. Danach nimmt die Anfälligkeit für eine Infektion rasch ab. Die Maiskörner waren den Beobachtungen zufolge zu Beginn der Körnerentwicklung am empfindlichsten. Die Infektionsanfälligkeit nimmt mit zunehmender Reife schnell ab. In vielen Fällen kann auch eine Infektion ohne sichtbaren Schaden auftreten.

Forschungsergebnisse von COTTON & MUNKVOLD (1998) belegten, dass *Fusarium verticillioides* wie auch *Fusarium proliferatum* und *Fusarium subglutinans* bis zu 630 Tagen auf Maisernterückständen überleben können. Dabei war bis zum 343. Tag kein Unterschied zwischen vergrabenen Ernterückständen und Rückständen auf der Erdoberfläche festzustellen. Außerhalb der Ernterückstände ist ein Überleben im Boden nicht möglich. Auf diesem, von dem Pilz besiedelten, Pflanzenmaterial gebildete Konidien werden durch Wind und Regenspritzer auf Pflanzenteile wie Stängel und Blätter verbreitet. Von dort können infektiöse Hyphen in die Pflanze eindringen. Für eine Infektion der Maispflanze und besonders des Kolbens spielen Insekten eine sehr bedeutende Rolle. Verletzungen der Pflanze durch Insekten stellen besonders für die Stängel- und Kolbeninfektion gute Eintrittspforten dar (LEW et al., 1991). Zusätzlich dienen einige Insekten auch als direkte Vektoren (MUNKVOLD & DESJARDINS, 1997). Neben dem Baumwollkapselbohrer (*Helicoverpa zea*) und dem Westlichen Maiswurzelbohrer (*Diabrotica virgifera virgifera*) ist besonders der Maiszünsler als Vektor für eine Infektion untersucht worden. SOBEK & MUNKVOLD (1999) bewiesen durch Feld- und Gewächshausexperimente, dass die Larve des Maiszünslers als Vektor für *Fusarium verticillioides* gilt, indem sie die Sporen von der Pflanzenoberfläche bis in den Stängel oder zum Kolben mit sich führt. Sie konnten eine signifikante Erhöhung der Kolbenfäule sowie eine Erhöhung der symptomlosen Infektion durch *Fusarium verticillioides* nachweisen.

*Fusarium graminearum* kann wie *Fusarium verticillioides* Infektionen an der Maispflanze verursachen. Dieser Pilz ist aber auch an anderen Getreidepflanzen, insbesondere Weizen, ein wichtiges Pathogen und spielt somit besonders in der Fruchtfolge mit Weizen eine bedeutende Rolle. *Fusarium graminearum* überdauert als Myzel bzw. in seiner Hauptfruchtform hauptsächlich in Ernterückständen aber auch auf dem Samen. (SUTTON, 1982).

*Fusarium proliferatum* infiziert neben Mais und Weizen, vor allem in tropischen Anbaugebieten wirtschaftlich bedeutsame Kulturpflanzen wie Sorghum, Dattelpalmen und Reis (CHULZE et al., 1996; LESLIE et al., 1992; DESJARDINS et al., 1997).

Neben dem weit verbreitetem Auftreten an Mais gehören zum Wirtspflanzenkreis von *Fusarium subglutinans* auch die Kartoffel, Sorghum und die Ackerbohne (NIRENBERG, 1976). In Österreich ist *Fusarium subglutinans* die vorherrschende *Fusarium*-Art an natürlich infizierten Maiskolben (LEW et al., 1991; ADLER, 1993).

### 2.4.6.2. Mykotoxine

Als Mykotoxine werden natürliche sekundäre Stoffwechselprodukte bezeichnet, die vor allem während des Wachstums von Schimmelpilzen der Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Claviceps*, *Alternaria*, *Stachybotrys*, *Myrothecium* u. a. m. gebildet werden können. Nicht alle Schimmelpilze bilden Mykotoxine und das Toxinbildungsvermögen kann von Stamm zu Stamm unterschiedlich sein. Mehr als 250 Schimmelpilze sind als Mykotoxinbildner bekannt. Etwa 100, meist hochgiftige Mykotoxine mit sehr unterschiedlicher chemischer Struktur werden von Pilzen der Gattung *Fusarium* produziert. Als Getreidepathogene können sie während der gesamten Vegetationsperiode auf fast allen Pflanzenteilen vorkommen. Zu den wichtigsten Mykotoxinen im Getreideanbau einschließlich Mais gehören die Gruppe der Trichothecene, das Zearalenol, die Fumonisine und das Moniliformin. In (Tab. 4) sind diesen Mykotoxinen die bedeutendsten Produzenten aus der Gattung *Fusarium* zugeordnet.

**Tab. 4: Bedeutende Mykotoxine und ihre wichtigsten Produzenten der Gattung *Fusarium***

(zusammengestellt nach BOTTALICO (1998); DESJARDINS & PROCTOR (2001); ENGELHARDT (2001) und SCHÜTT (2001).

| Hauptgruppen der Fusarientoxine | Mykotoxin      | Abk. | Produzenten  |
|---------------------------------|----------------|------|--|
| Trichothecene Typ A             | T2-Toxin       |      | <i>F. culmorum</i> , <i>F. incarnatum</i> , <i>F. poae</i> ,<br><i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. tricinctum</i> , <i>F. solani</i> .   |
| Trichothecene Typ B             | Deoxynivalenol | DON  | <i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. solani</i> ,<br><i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. semitectum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. poae</i> ,<br><i>F. sambucinum</i> , <i>F. acuminatum</i> , <i>F. crookwellense</i> . Weitere<br>Arten die häufig an Getreide vorkommen. |
|                                 | Nivalenol      | NIV  | <i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. solani</i> ,<br><i>F. sporotrichioides</i> , <i>F. semitectum</i> , <i>F. equiseti</i> , <i>F. poae</i> ,<br><i>F. sambucinum</i> , <i>F. acuminatum</i> , <i>F. crookwellense</i> . Weitere<br>Arten die häufig an Getreide vorkommen. |
|                                 | Zearalenol     | ZEA  | <i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. equiseti</i><br><i>F. semitectum</i> , <i>F. crookwellense</i> , <i>F. verticilioides</i><br>(= <i>F. moniliforme</i> ), <i>F. avenaceum</i> , <i>F. nivale</i> , <i>F. gibosum</i> ,<br><i>F. lateritium</i> . Viele Fusarien-Arten.   |
| Fumonisine                      | Fumonisin      | FUM  | <i>F. verticilioides</i> , (= <i>F. moniliforme</i> ), <i>F. proliferatum</i> ,<br><i>F. anthophilum</i> .   |
| Moniliformine                   | Moniliformin   | MON  | <i>F. subglutinans</i> , <i>F. avenaceum</i> , <i>F. proliferatum</i> ,<br><i>F. acuminatum</i> , <i>F. anthophilum</i> .  |

Ein starkes Pilzwachstum muss nicht gleichzeitig mit einer starken Toxinproduktion verbunden sein. So ist es möglich, dass auch ein schwaches Pilzwachstum zu einer starken Toxinbildung mit akuter oder chronisch toxischer Wirkung führt (ROTH et al., 1990). Akute Vergiftungen verursachen Leber- und Nierenschäden, Angriffe auf das zentrale Nervensystem, Haut- und Schleimhautschäden, rufen hormonähnliche Effekte hervor und beeinträchtigen das Immunsystem. Nerventoxine können zu Zittern, Krämpfen und Tod ohne sichtbare Ursache führen. Weiterhin stehen Toxinmengen ohne akute Symptome im Verdacht krebserzeugend zu sein, zu Missbildungen beim Embryo zu führen oder Erbschäden hervorzurufen. Diese giftigen Stoffe können in einer großen Anzahl von Lebensmitteln vorkommen. Nach Schätzungen der Food and Agriculture Organization (FAO) der Vereinten Nationen sind bis zu 25 % der Weltproduktion von Nahrungsmitteln mit Mykotoxinen kontaminiert (ENGELHARDT, 1999). Untersuchungen in Deutschland ergaben eine mittlere bis hohe Belastung sowohl von Silo- als auch Körnermais mit Mykotoxinen. Im Silomais waren diese im Kolben und auch in der restlichen Pflanze nachweisbar. Das am häufigsten und in den höchsten Konzentrationen vorkommende Mykotoxin war Deoxynivalenol mit einer mittleren Belastung von 0,55 bis 4,07 mg/kg, abhängig von Pflanzenteil, Jahr und Herkunft (OLDENBURG et al., 1996; OLDENBURG, 1997; USLEBER et al, 1998; REUTTER, 1999). Mehrjährige europäische Erhebungen zum Vorkommen von Deoxynivalenol aus der Gruppe der Trichothecene und von Zearalenol zeigten, dass Mais mit diesen Toxinen am häufigsten und mit höheren Konzentrationen als andere Getreidearten kontaminiert ist (DÖLL & DÄNICKE, 2004). In Österreich sind *Fusarium*-Toxine in Mais ein bedeutendes Problem, hier konnte Deoxynivalenol in mittleren Konzentrationen bis zu 8,69 mg/kg nachgewiesen werden (LEW et al, 1997). Allerdings wird nach ENGELHARDT (1999) in Mitteleuropa und anderen entwickelten Ländern eine akute Gefährdung durch Mykotoxine als gering eingeschätzt, da in diesen Staaten hohe Standards in der Nahrungsmittelproduktion vorherrschen. In den weniger entwickelten Ländern der Tropen und Subtropen bestehen zum Teil erhebliche Risiken durch Klima, besondere Essgewohnheiten, mangelnde Lagertechniken und Ausbildungsmangel. Mykotoxine sind im Sinne des Verbraucherschutzes auch von politischem Interesse. Die politischen Rahmenbedingungen hinsichtlich der Mykotoxinproblematik werden in Deutschland durch die Mykotoxin-Höchstmengenverordnung (MHmV) geregelt. Mit der Änderung dieser nationalen Verordnung im Februar 2004 wurden die in Tab. 5 dargestellten Grenzwerte für Getreideerzeugnisse und diätetische Lebensmittel festgelegt.

**Tab. 5: Mykotoxin-Höchstmengen in Deutschland (Stand: Februar 2004)**  
 (Mykotoxin-Höchstmengenverordnung [BGBl S. 1248])

| <b>Mykotoxine</b>   | <b>Erzeugnis</b>  | <b>Höchstmenge in oder auf<br/>Lebensmitteln (für den<br/>Verzehr bestimmt)<br/>in µg/kg</b> |
|---|---|--|
| Deoxynivalenol  | Getreideerzeugnisse (Körner zum direkten Verzehr und verarbeitete Getreideerzeugnisse, ausgenommen Hartweizenerzeugnisse, Brot, Kleingebäck und Feine Backwaren). | <b>500</b>   |
|   | Brot, Kleingebäck und Feine Backwaren.  | <b>350</b>   |
| Zearalenon  | Getreideerzeugnisse (Getreidekörner zum direkten Verzehr und verarbeitete Getreideerzeugnisse).   | <b>50</b>  |
| Summe der<br>Fumonisine B <sub>1</sub> und B <sub>2</sub> | Maiserzeugnisse (Mais zum direkten Verzehr und verarbeitete Maiserzeugnisse), ausgenommen Cornflakes.   | <b>500</b>   |
|   | Cornflakes.   | <b>100</b>   |

### 3. Material & Methoden

#### 3.1. Standort

Die Versuchsflächen wurden in Landwirtschaftsbetrieben im Gebiet des Oderbruchs angelegt, das seit 1985 als permanentes Befallsgebiet des Maiszünslers gilt (LANGENBRUCH, 2001; 2003) (Abb. 4). Mit rund 800 km<sup>2</sup> ist das im östlichen Brandenburg gelegene Oderbruch die größte eingedeichte, künstlich entwässerte Fläche an einem Flusslauf in Deutschland. Es gehört seit mehr als 200 Jahren zu den fruchtbarsten Ackerbauregionen des Landes Brandenburg. Das Gebiet erstreckt sich von Südosten nach Nordwesten auf etwa 75 km. Dabei grenzt es im Osten an die Oder und im Westen an die Barnimhochfläche. Die ehemalige Flussaue ist zwischen zwölf und 15 km breit und liegt zwischen zwei und 15 m über NN. Das Oderbruch ist durch landwirtschaftliche Nutzung (Ackerbau) geprägt. Bestimmend für dieses Gebiet sind hauptsächlich hydromorphe Auentone, wobei die weniger von Grundwasser geprägten anhydromorphen Auentone am häufigsten vorkommen (LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, 2001).

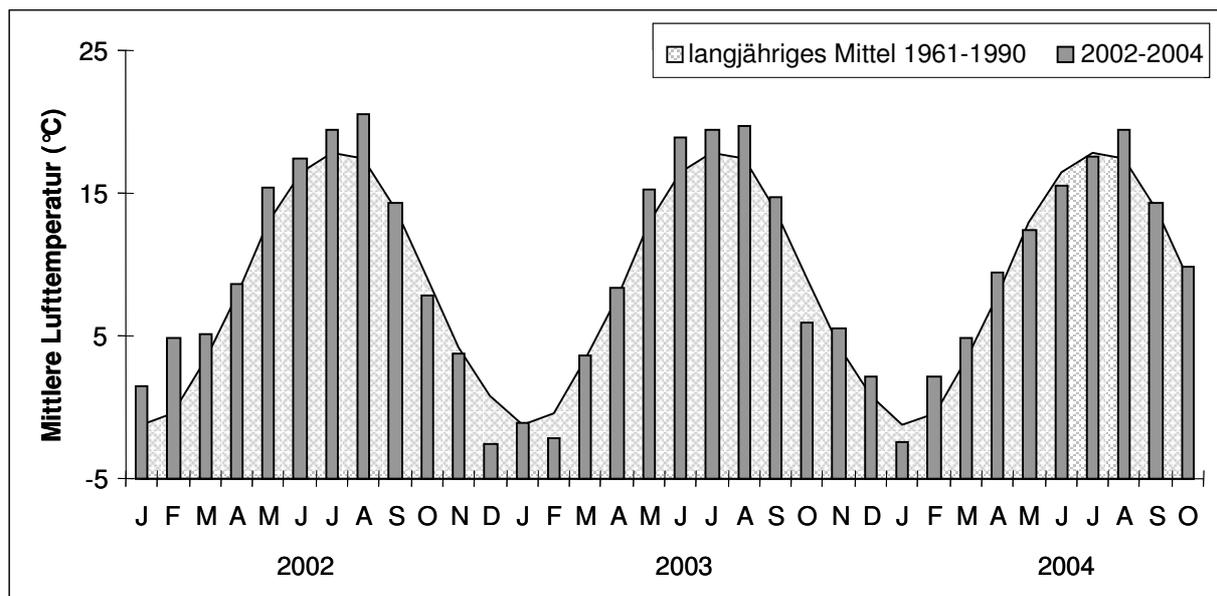


**Abb. 4:** Karte des Untersuchungsgebietes Oderbruch

eingezeichnet sind die Standorte der Untersuchungsflächen der Jahre 2000 – 2004 (Quelle: ANONYMUS, 2002c)

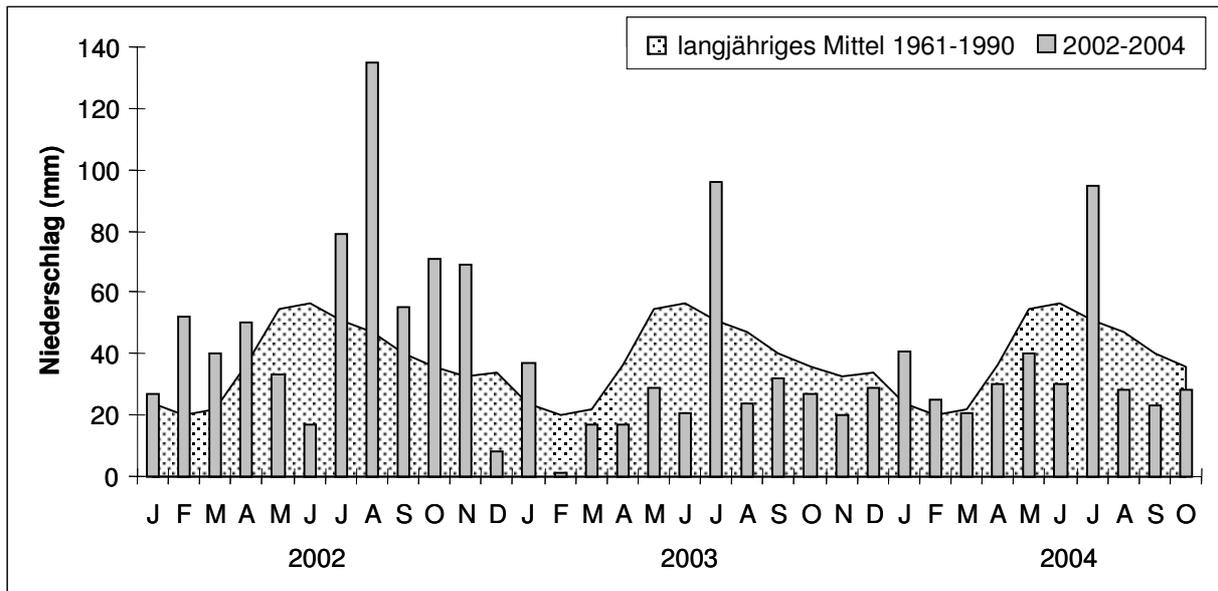
### 3.1.1. Klimatische Gegebenheiten

In der Oderbruchregion liegen die durchschnittlichen Temperaturen des langjährigen Mittels von 1961 - 1990 bei 8,5 °C, die langjährigen mittleren Jahresniederschläge (1961-1990) betragen etwa 455 mm. Die Klimadaten wurden von der meteorologischen Station des Deutschen Wetterdienstes in Manschnow ermittelt. Diese Wetterstation im Oderbruch liegt ca. zwölf Meter über NN. Die Klimadaten für die Untersuchungsjahre 2002, 2003 und 2004 wurden ebenfalls von der Station Manschnow zur Verfügung gestellt.



**Abb. 5: Mittlere Monatstemperaturen der Jahre 2002 - 2004 sowie das langjährige Mittel (1961 - 1990) am Standort Manschnow**  
(DEUTSCHER WETTERDIENST, 2002; 2003; 2004)

Abb. 5 zeigt die monatlichen Temperaturmittel der Jahre 2002 bis 2004, sowie das langjährige Mittel von 1961 - 1990. Die mittleren Temperaturen der Jahre 2002 und 2003 lagen in den meisten Monaten über dem langjährigen Mittel, besonders die mittleren Temperaturen der Monate der Vegetationszeit des Mais. Im Jahr 2004 befanden sich die Temperaturen, im Besonderen zur Zeit der Maisvegetation, unter dem langjährigen Mittel. Die zwei letzten Monate vor der Maisernte (August und September) lagen aber über dem langjährigen Mittel.



**Abb. 6: Monatliche Niederschlagssummen der Jahre 2002 - 2004 sowie das langjährige Mittel (1961 - 1990) am Standort Manschnow**  
(DEUTSCHER WETTERDIENST, 2002; 2003; 2004)

Die Niederschlagssummen der meisten Monate des Jahres 2002 lagen über dem langjährigen Mittel (1961 - 1990). Nur die Monate Mai, Juni und Dezember waren deutlich darunter (Abb. 6). Durch besonders geringe Niederschlagsmengen zeichnen sich die Jahre 2003 und 2004 aus. Nur vier Monate, Januar 2003, Juli 2003, Januar 2004 und Juli 2004, befanden sich über dem langjährigen Mittel. Im Jahr 2003 fielen nur etwa 78 % der sonst üblichen Niederschlagsmenge. Damit war das Jahr eindeutig zu trocken. Extrem trocken war der Monat Februar mit nur einem Millimeter Niederschlag.

### 3.2. Untersuchungsflächen

Die Untersuchungen erfolgten als Feld-Feld-Vergleiche. So wurden auf einem Feld Teilfelder mit den zu vergleichenden Varianten eingerichtet. Daten der Untersuchungen zum Auftreten von Arthropoden in *Bt*-Mais im Oderbruch aus den Vorjahren 2000 und 2001 werden im Rahmen dieser Arbeit mit einbezogen. (Abb. 7 a - b).

Die Studien im Jahr 2000 fanden in Neulewin (2000 Feld 1) statt. Es wurde die *Bt*-Sorte Novelis 270 (BT) und die dazu korrespondierende, nicht transformierte Linie Nobilis (KV), beide von der Monsanto AG, angebaut. Im Jahr 2001 fanden die Versuche in Seelow (2001 Feld 1) mit den Sorten Novelis 270 (BT) und Flavi (KV), von der Caussade Saaten GmbH, statt. In beiden Jahren wurden Bonituren, Ganzpflanzenernten und Bodenfallenfänge durchgeführt.



**Abb. 7 a - f: Untersuchungsflächen der Jahre 2000 - 2004**

a) 2000 Feld 1, b) 2001 Feld 1, c) 2002 – 2004 Feld 1 (Maisnachbau), d) 2002 Feld 2, e) 2003 Feld 2, f) 2004 Feld 2; BT = *Bt*-Maissorte, KV = konventionelle Maissorte, TR = biologische Bekämpfungsvariante, GE = chemische Bekämpfungsvariante.

In den Untersuchungsjahren 2002 bis 2004 standen zwei Felder zur Verfügung, auf denen jeweils eine *Bt*-Sorte und eine konventionelle Sorte angebaut wurde. Die Felder wurden in der Nähe von Altreetz im Oderbruch vom Betrieb Agrarprodukte e.G. Altreetz eingerichtet.

Eines der beiden Felder stand zum Maisnachbau zur Verfügung (Bezeichnung: 2002 Feld 1, 2003 Feld 1, 2004 Feld 1, Abb. 7 c), wobei die Größe von 21 ha im Jahre 2002 auf 10 ha in den folgenden Untersuchungsjahren verkleinert wurde (Tab. 6). Die Untersuchungen auf dem zweiten Feld (Bezeichnung: 2002 Feld 2, 2003 Feld 2, 2004 Feld 2) wechselten jährlich den Standort (Abb. 7 d - f).

**Tab. 6: Feldgrößen, Sorten und Untersuchungsmethoden pro Teilfeld**

| <b>Jahr</b> | <b>Feld</b> | <b>Größe<br/>der<br/>Teilfelder</b> | <b>Maissorte</b> | <b>Bonitur</b> | <b>Ganzpflanzenernte</b> | <b>Wahlverhalten</b> | <b>Bodenfallenfänge</b> | <b>Befalls- &amp; Schadbild-<br/>bonitur</b> | <b>Energie- &amp; Qualitäts-<br/>bestimmung</b> | <b>Ertragsmessung</b> | <b><i>Fusarium</i>- &amp; Mykotoxin-<br/>bestimmung</b> |
|-------------|-------------|-------------------------------------|------------------|----------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|--|---|-----------------------|---|
| 2000        | 1           | 8 ha                                | BT, Novelis      | *              | *                        |                      | *                       |  |   |                       |   |
|             |             | 3 ha                                | KV, Nobilis      | *              | *                        |                      | *                       |  |   |                       |   |
| 2001        | 1           | 17 ha                               | BT, Novelis      | *              | *                        |                      | *                       |  |   |                       |   |
|             |             | 29 ha                               | KV1, Flavi       | *              | *                        |                      | *                       |  |   |                       |   |
| 2002        | 1           | 10 ha                               | BT, MEB 307Bt    | *              | *                        | *                    | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             |             | 1 ha                                | KV, Monumental   |                |                          | *                    |                         |  |   | *                     |   |
|             |             | 10 ha                               | KV1, Lenz        | *              | *                        |                      | *                       | *  | *   |                       | *   |
|             | 2           | 10 ha                               | BT, MEB 307Bt    | *              | *                        |                      | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             |             | 48 ha                               | KV1, Lenz        | *              | *                        |                      | *                       | *  | *   | *                     | *   |
| 10 ha       | KV2, Flavi  |                                     |                  |                |                          |                      |                         | *  | *   | *                     |   |
| 2003        | 1           | 5 ha                                | BT, MEB 307Bt    | *              | *                        | *                    | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             |             | 5 ha                                | KV, Monumental   | *              | *                        | *                    | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             | 2           | 8 ha                                | BT, MEB 307Bt    | *              | *                        |                      | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             |             | 9 ha                                | KV, Monumental   | *              | *                        |                      | *                       | *  | *   | *                     | *   |
| 2004        | 1           | 5 ha                                | BT, MEB 307Bt    | *              | *                        | *                    | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             |             | 5 ha                                | KV, Monumental   | *              | *                        | *                    | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             | 2           | 10 ha                               | BT, MEB 307Bt    | *              | *                        |                      | *                       | *  | *   | *                     | *   |
|             |             | 21 ha                               | KV, Monumental   | *              | *                        |                      | *                       | *  | *   | *                     | *   |

Im Untersuchungsjahr 2002 wurden auf Feld 1 die Sorten der Monsanto AG MEB 307 Bt (BT) und Monumental (KV), die die korrespondierende, nicht transformierte Linie zum MEB 307 Bt darstellt, sowie die konventionelle Sorte Lenz (KV 1) der Limagrain Nickerson GmbH angebaut. Auf Feld 2 wurden die Sorten MEB 307 Bt, Lenz (KV 1) und die konventionelle Sorte Flavi (KV 2) angebaut.

In den Jahren 2003 und 2004 erfolgte auf allen Feldern der Anbau der gentechnisch veränderten Sorte MEB 307 Bt (BT) und der Sorte Monumental (Tab. 6). Die Sorten, sowohl *Bt*- als auch konventionelle Sorten, wiesen ein relativ ähnliches Erscheinungsbild auf.

Im Jahr 2002 fanden Bonituren (siehe Punkt 3.3.), Ganzpflanzenernten (siehe Punkt 3.4.), Bodenfallenfänge (siehe Punkt 3.5.), Befallsbonituren und Schadbildbonituren (siehe Punkt 3.7.), Ertragsmessungen (siehe Punkt 3.8.), Energie- und Qualitätsbestimmungen (siehe Punkt 3.9.) und *Fusarium*- und Mykotoxinanalysen (siehe Punkt 3.10.) auf Feld 1 und Feld 2 in den Sorten MEB 307 Bt und Lenz statt. Ausnahme bildete die Ertragsmessung auf Feld 1 die in der Sorte Monumental anstatt der Sorte Lenz durchgeführt wurde.

Zusätzlich wurden Energie und Qualität, Fusarienbefall und Mykotoxinbelastung, sowie Ertrag der Sorte Flavi (2002 Feld 2) bestimmt. Versuche zum Wahlverhalten von (Flug-)insekten (3.6.), die nur auf Feld 1 durchgeführt wurden, fanden in jedem Untersuchungs-jahr in den Sorten MEB 307 Bt und Monumental statt.

In den Folgejahren 2003 und 2004 fanden alle Untersuchungen in den Sorten MEB 307 Bt und Monumental statt (Tab. 6).

In den Jahren 2002 bis 2004 erfolgte in der konventionellen Sorte Monumental (im Jahr 2002 in der Sorte Lenz) eine ein ha umfassende biologische Bekämpfung mittels *Trichogramma evanescens*-Eiparasitoiden (TR) der Firma AMW Nützlinge GmbH auf Feld 1 und Feld 2. Ein chemischer Insektizideinsatz (GE) mit Baythroid 50 der Firma Bayer CropScience wurde im Jahr 2002 in der Sorte Flavi, in den Jahren 2003 und 2004 in der Sorte Monumental jeweils auf Feld 2 durchgeführt, um den Erfolg dieser Bekämpfungsmethode zu dokumentieren. Zusätzlich wurden im Jahr 2004 in dieser Variante Bodenfallenfänge vor und nach der Applikation (06.07.2004) vorgenommen. Aussaat- und Erntetermine sowie ackerbauliche Maßnahmen werden in Tab. 7 dargestellt.

**Tab. 7: Aussaat- und Erntetermine sowie ackerbauliche Maßnahmen**

|                                 | 2002       |            | 2003       |            | 2004       |            |
|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                 | Feld 1     | Feld 2     | Feld 1     | Feld 2     | Feld 1     | Feld 2     |
| Aussaatzeitpunkt                | 09.05.2002 | 09.05.2002 | 28.04.2003 | 28.04.2003 | 27.04.2004 | 27.04.2004 |
| Bodenbearbeitungs-<br>maßnahmen | gepflügt   | gegrubbert | gegrubbert | gepflügt   | gegrubbert | gegrubbert |
| Vorfrucht                       | Weizen     | Weizen     | Mais       | Weizen     | Mais       | Weizen     |
| Düngung                         | Stalldung  | Stalldung  | Stalldung  | Stalldung  | Stalldung  | Stalldung  |
| Erntetermin                     | 18.09.2002 | 24.09.2002 | 03.09.2003 | 03.09.2003 | 23.09.2004 | 23.09.2004 |

### 3.3. Bonituren

In den Varianten BT und KV der Untersuchungsflächen der Jahre 2000 - 2004 wurden an jeweils fünf Punkten in Reihe mit einem Abstand von 40 m drei Pflanzen untersucht (Abb. 9). Die komplette Pflanze wurde nach Arthropoden abgesucht, wobei darauf geachtet werden musste, dass die Pflanze während der Bonitur nicht zu stark bewegt wurde. Bei der Datenaufnahme konnte auf bereits bestehende Arthropodenlisten der Studien aus den Jahren 2000 und 2001 zurückgegriffen werden (2.4.2.).

Im Jahr 2000 wurde eine Bonitur durchgeführt (BBCH 80), im Jahr 2001 drei Bonituren (BBCH 51, BBCH 77, BBCH 86). Insgesamt fünf Bonituren erfolgten im Jahr 2002 im Abstand von zwei Wochen (BBCH 67, BBCH 75, BBCH 79, BBCH 83, BBCH 85). In den beiden Folgejahren 2003 und 2004 wurde jeweils an drei Terminen (2003: BBCH 59, BBCH 65, BBCH 87; 2004: BBCH 53, BBCH 61, BBCH 83) bonitiert, wobei im Jahr 2004 eine zusätzliche Bonitur kurz vor der Ernte in der chemischen Variante vorgenommen wurde (Tab. 8) Die unterschiedliche Anzahl an Bonituren in den einzelnen Jahren diente der Optimierung der Boniturtermine (4.1.2.).

### 3.4. Ganzpflanzenernten

Ähnlich der Vorgehensweise bei Bonituren wurden in den Varianten BT und KV der Untersuchungsflächen der Jahre 2000 - 2004 an jeweils fünf Punkten in Reihe mit einem Abstand von 40 m drei Pflanzen zufällig ausgesucht (Abb. 9). Die Pflanzen wurden komplett entnommen und im Labor untersucht. Dazu wurde den Pflanzen ein Plastiksack übergestülpt und die Maispflanze zwei Zentimeter über dem Boden abgeschnitten. Die Arthropoden an der Pflanze bzw. im Plastiksack wurden durch einen mit Ethylacetat getränkten Wattepad abgetötet und bei  $-20\text{ °C}$  bis zur anschließenden Untersuchung aufbewahrt. Mittels einer Lupe wurden die Pflanzen sowie die Innenseite der Säcke nach Arthropoden untersucht, die gefundenen Arthropoden unter dem Binocular Mikroskop (Zeiss KL 1500 LCD) bestimmt und in 70 %igem Ethanol konserviert. Die Determination fand an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft im Institut für integrierten Pflanzenschutz unter Beteiligung von Herrn H. - J. Gruel und Herrn A. Schober statt. Die Datenaufnahme der Jahre 2002 bis 2004 erfolgte in Anlehnung an die erstellten Arthropodenlisten der Arbeiten aus den Jahren 2000 und 2001 (2.4.2.). Zusätzlich wurden im Jahr 2002 pro Feld und Variante 20 Thripse randomisiert entnommen, und bis auf Gattungsniveau bestimmt. In den restlichen Erhebungen erfolgte nur eine quantitative Auswertung der Thripse. Die Auswertung der Daten 2004 ist noch nicht abgeschlossen.

Im Jahr 2000 wurden drei, im Jahr 2001 zwei Ganzpflanzenernten durchgeführt, wobei der Zeitpunkt der Pflanzenentnahme zeitgleich bzw. im Zeitraum ( $\pm 2$  Tage) einer Bonitur

stattfand. Ausnahme bildete das Untersuchungsjahr 2000, da hier nur eine Bonitur und drei Ganzpflanzenernten stattfanden. (siehe Tab. 8).

Im Versuchsjahr 2002 erfolgten zum zweiten und vierten Boniturtermin Ganzpflanzenernten in der BT- sowie KV-Variante (BBCH 75, BBCH 83), in den Folgejahren 2003 und 2004 jeweils eine Ganzpflanzenernte zeitgleich mit dem jeweiligen zweiten Boniturtermin (2003: BBCH 65; 2004: BBCH 61).

### **3.5. Bodenfallenfänge**

Auf den Teilfeldern BT und KV der Untersuchungsflächen der Jahre 2000, 2001 und 2002 wurden jeweils zehn Bodenfallen in Reihe mit einem Abstand von 20 m aufgestellt (Abb. 9). In den Folgejahren wurde die Anzahl der Fallen auf sechs reduziert. Ebenso wurde die Anzahl an Terminen in den Untersuchungsjahren 2002 – 2004 von sechs Terminen in Folge auf vier in Folge reduziert. In allen drei Jahren wurde eine möglichst identische Vegetationsentwicklung als Versuchszeitraum angesteuert (ab BBCH 53). Im Jahr 2004 erfolgten zusätzlich Bodenfallenfänge in der chemischen Bekämpfungsvariante (Tab. 8). Im Jahr 2002 gab es auf dem Feld 1 erhebliche Ausfälle durch Wildschweinschäden. Dies wurde bei der Auswertung der Daten berücksichtigt.

Die aus doppelwandigem Plastik bestehenden Bodenfallen mit einem Durchmesser von zehn Zentimetern wurden mit zweiprozentigem Formaldehyd ebenerdig in den Boden eingelassen und vier bzw. sechs Wochen lang wöchentlich geleert. Die gefangenen Carabiden und Araneen wurden in 70 %igem Ethanol konserviert. Die quantitative und qualitative Auswertung der Carabiden erfolgte an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft im Institut für integrierten Pflanzenschutz durch Herrn H. - J. Gruel und Herrn A. Schober, die Auswertung der Araneen an der Universität Halle/Saale unter Leitung von Frau Prof. Dr. C. Volkmar. Hierzu dienten bereits bestehende Listen aus den Voruntersuchungen von 2000 und 2001 als Grundlage. Die Determinierung der Laufkäfer erfolgte auf Artniveau nach FREUDE et al. (1976); TRAUTNER & GEIGENMÜLLER (1987) sowie WACHMANN et al. (1995). Die Spinnenarten wurden nach HEIMER und NENTWIG (1991) sowie ROBERTS (1987) bestimmt und nach der Nomenklatur von PLATNICK (1993) klassifiziert.

### **3.6. Wahlverhalten von (Flug-)insekten**

In den Jahren 2002 - 2004 wurden auf Feld 1 an der Grenzlinie zwischen dem BT-Teilfeld und dem KV-Teilfeld fünf Punkte im Abstand von 40 m festgelegt (Abb. 9). An diesen Punkten wurden je drei Pflanzen, sowohl der *Bt*-Sorte als auch der konventionellen Sorte, mit Absperrband markiert und jeweils das erste Blatt über dem Kolben möglichst glatt und dünn mit einem Insektenklebstoff bestrichen. Dabei war darauf zu achten, dass auf allen Blättern eine möglichst gleich große Fläche bestrichen wurde (30 cm Länge und die gesamte

Blattbreite mit durchschnittlich acht bis zehn Zentimetern) und dass die Blätter eine möglichst gleiche Exposition im Feld aufwiesen. Nach sieben Tagen wurden die mit Klebstoff versehenen Blätter eingesammelt und bei  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  für die weiteren Untersuchungen aufbewahrt. Dieser Versuch wurde im Jahr 2002 zweimal (BBCH 75 und BBCH 83), im Jahr 2003 und 2004 jeweils dreimal (BBCH 63, BBCH 69, BBCH 73) durchgeführt (Tab. 8). Am ersten Termin 2002 fand nur eine quantitative Auswertung statt, alle weiteren Termine wurden quantitativ und qualitativ an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft im Institut für integrierten Pflanzenschutz von Herrn H. - J. Gruel und Herrn A. Schober ausgewertet. Die Auswertung der Daten 2004 steht noch aus.

### 3.7. Befallsbonituren und Schadbildbonituren

Kurz vor der Ernte wurden in den Untersuchungsjahren 2002 - 2004 pro Variante (KV, TR, GE) 200 Pflanzen (im Jahr 2003 und 2004 100 Pflanzen) auf den Befall des Maiszünslers untersucht (Tab. 8). Dazu wurden die Pflanzen randomisiert herausgesucht (jede zehnte Pflanze), die Pflanzen und Kolben der Länge nach aufgeschnitten und die darin befindlichen Maiszünslarven gezählt. Gleichzeitig wurde anhand einer Boniturskala (siehe Anhang 1) nach HUDON und CHIANG (1991) der Schaden an den ausgewählten Pflanzen bestimmt (Abb. 9). Die BT-Fläche wurde hinsichtlich des Maiszünslerbefalls nicht bonitiert. Hierbei konnte man von einem maximalen Befall von 0,02 Larven pro Pflanze ausgehen (Sortenunreinheit von ca. zwei Prozent). Mittels eines *Bt*-Schnelltests (Trait *Bt1* Corn Leaf and Seed Test Kit, Strategic Diagnostics Inc.), der stichprobenartig durchgeführt wurde, konnten befallene Pflanzen in der BT-Variante als Pflanzen ohne *Bt*-Toxin bestimmt werden (Abb. 8).

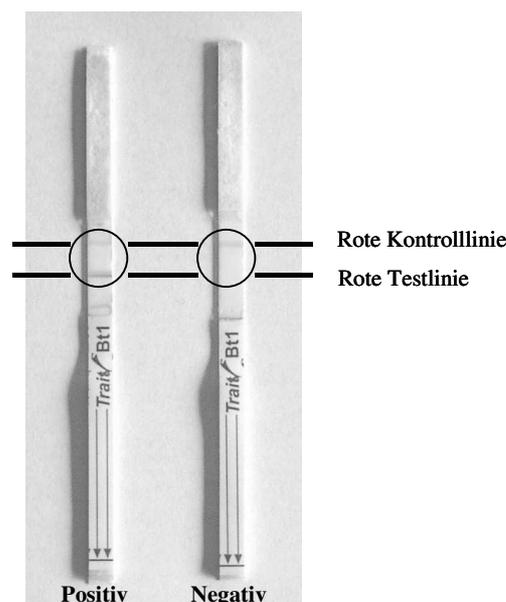


Abb. 8: *Bt*-Schnelltest zum Nachweis des Cry1Ab Proteins in Maispflanzen

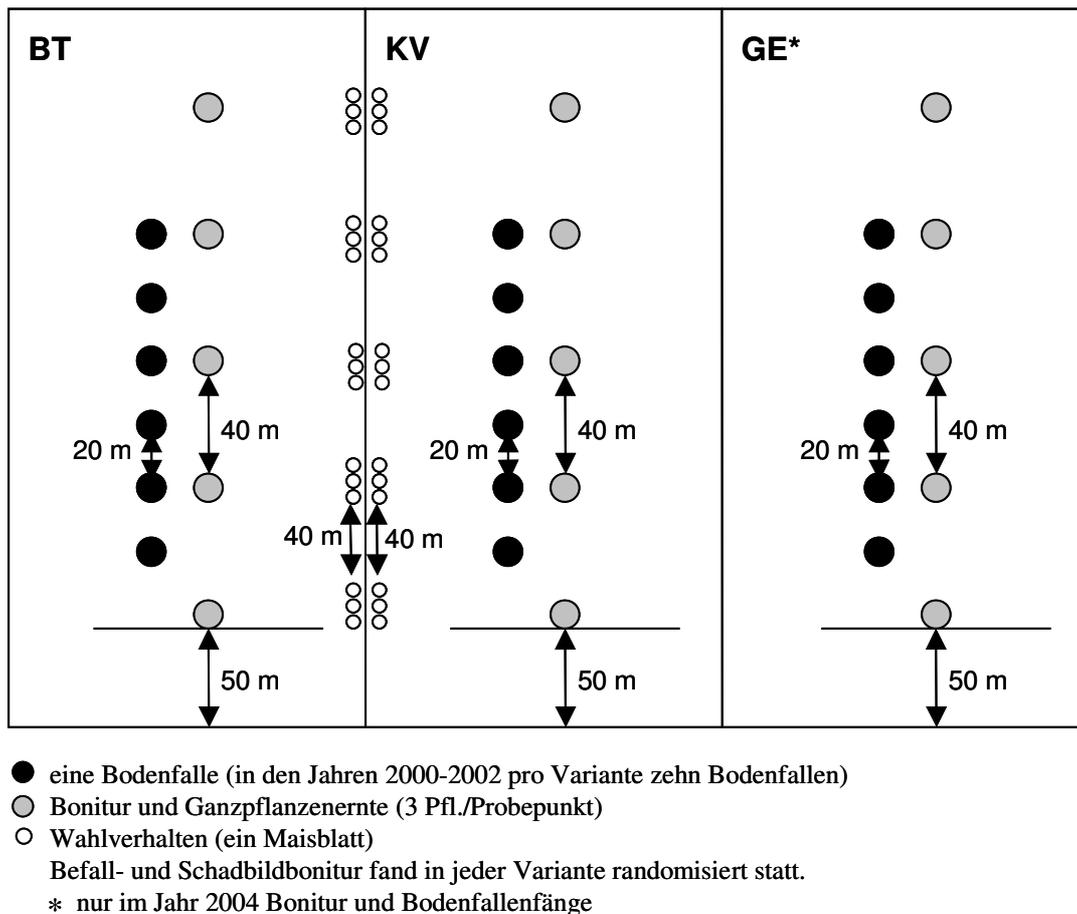


Abb. 9: Versuchsdesign der Bodenfallenfänge, Bonituren, Ganzpflanzenernten und des Wahlverhaltens

### 3.8. Ertragsmessungen

In den Jahren 2002 bis 2004 wurde jeweils am Tag der Ernte das Häckselgut einer bemessenen Fläche jeder Variante (BT und KV, in 2002 zusätzlich KV 2 (Flavi)) gewogen (Tab. 8). Hierzu wurden die Anhänger mit und ohne Häckselgut auf einer Großwaage gewogen. Die Fläche der Probenentnahme wurde mittels Bandmaß gemessen und berechnet. Der Mais (Silomais) wurde mit konventioneller Technik, d. h. mit selbstfahrendem Häcksler und entsprechender Transporttechnik für das Häckselgut, geerntet (Abb. 10).

### 3.9. Energie- und Qualitätsbestimmungen

Im Jahr 2002 wurden während der Ernte von den Sorten MEB 307 Bt, Lenz und Flavi (in dieser Sorte wurde zusätzlich eine Insektizidbehandlung durchgeführt), in den folgenden Untersuchungsjahren 2003 und 2004 von den Sorten MEB 307 Bt und Monumental jeweils an zehn Probepunkten im Abstand von 20 m bis 30 m ca. zwei Kilogramm Häckselgut in

Papiertüten eingesammelt (Tab. 8). Das Häckselgut hatte eine durchschnittliche Größe von etwa einem Zentimeter.

Zur Ermittlung des Rohnährstoffgehaltes und der Energiekonzentration (EK) wurde von einem kg Häckselgut die Trockensubstanz (TS) ermittelt (Trocknung bei 70°C) und das getrocknete Material anschließend auf 0,5 mm Größe gemahlen. Die Ermittlungen des Rohnährstoffgehaltes (Rohasche (RA), des Rohproteins (RP), der Rohfaser (Rfa), der Stärke, des nutzbar. RP und der ruminalen Stickstoffbilanz (RNB)) sowie der Energiekonzentration (Nettoenergie Laktation (NEL/MJ) und der umsetzbaren Energie (MER/MJ)) des Erntematerials wurden beim Landeskontrollverband Brandenburg e.V. Waldsiedersdorf (LKV) durchgeführt. In den Jahren 2002 und 2004 wurden nur fünf Proben der jeweils zehn Probepunkte (jeder zweite Probepunkt) eingereicht (Abb. 10).

### **3.10. *Fusarium*- und Mykotoxinanalysen**

Von den unter Punkt 3.9. beschriebenen zwei Kilogramm Proben je Probepunkt (Abb. 10), wurde ein Kilogramm im Labor für die *Fusarium*- und Mykotoxinbestimmung vorbereitet (Tab. 8). Dafür wurden für die Fusarienanalysen pro Probe sechs Pflanzenteile des Kolbens und sechs Pflanzenteile des Stängels für zwei Minuten mit zwei-prozentiger Natriumhypochloridlösung (NaOCl) behandelt, um anwachsende Pilzsporen abzutöten. Anschließend wurden die bei -20 °C aufbewahrten Proben für eine Woche auf SNA-Platten und zur weiteren Bestimmung auf PDA-Platten ausgelegt. Die Untersuchungen fanden an der Humboldt-Universität zu Berlin im Fachgebiet Phytomedizin unter der Leitung von Frau Dr. Gossmann statt. Die Proben des Jahres 2003 wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Humboldt-Universität zu Berlin im Fachgebiet Phytomedizin von Herrn M. Saß ausgewertet. Insgesamt wurden pro Probepunkt zwölf Proben (sechs Pflanzenteile des Kolbens und sechs Pflanzenteile des Stängels) quantitativ und qualitativ auf *Fusarium* untersucht.

Für die Mykotoxinanalyse wurde ca. ein Kilogramm Häckselgut bei 60 °C getrocknet und anschließend auf 0,5 mm Größe gemahlen und bei -20 °C eingefroren. Die Proben (zehn Proben pro Teilfeld im Jahr 2002, fünf Proben pro Teilfeld in den folgenden Jahren) wurden im Institut für Ökotoxikologie und Ökochemie im Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin Dahlem unter Leitung von Herrn Dr. Ellner auf Deoxynivalenol (DON), Zearalenol (ZEA), Nivalenol (NIV) und Fumonisin (FUM) mittels ELISA-Test, der sich zur schnellen und kostengünstigen halbquantitativen Bestimmung der Mykotoxinbelastung im Sinne eines Screening-Verfahrens eignet, untersucht. Im Jahr 2003 wurde das Auftreten von FUM mittels HPLC-Verfahren beim Institut für Getreideverarbeitung (IGV) in Potsdam bestimmt. Das HPLC-Verfahren gilt als Referenzverfahren (Standardverfahren) zur genauen quantitativen Bestimmung der Mykotoxinbelastung bei allen Futtermitteln. Im Vergleich zum ELISA-Test handelt es sich

um ein kostenintensives und zeitaufwendiges Analyseverfahren mit hohem apparativen Aufwand. Die Analyse der Proben des Jahres 2004 steht noch aus.

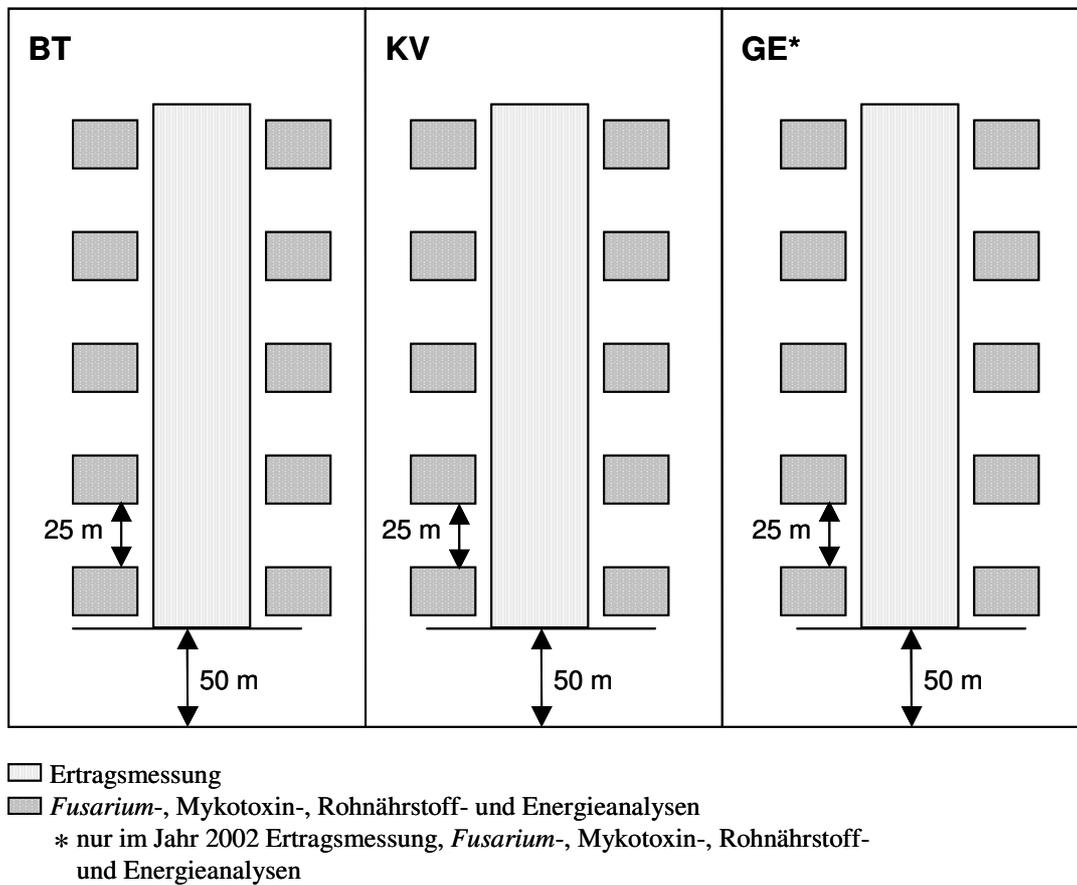


Abb. 10: Versuchsdesign für Ertragsmessungen, *Fusarium*-, Mykotoxin-, Rohrnährstoff- und Energieanalysen

**Tab. 8: Übersicht der Anzahl an Terminen der in den Maisfeldern durchgeführten Untersuchungen**  
00, 01, 02, 03, 04 = Untersuchungsjahre 2000 - 2004

| Methode                             | BT |    |    |    |    | KV |    |    |    |    | Insektizid<br>Behandlung |    |    |    |    | Biologische<br>Behandlung |    |    |    |    |
|-------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------|----|----|----|----|---------------------------|----|----|----|----|
|                                     | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 00                       | 01 | 02 | 03 | 04 | 00                        | 01 | 02 | 03 | 04 |
| Bonitur                             | 1  | 3  | 5  | 3  | 3  | 1  | 3  | 5  | 3  | 3  |                          |    |    |    | 1  |                           |    |    |    |    |
| Ganzpflanzenernte                   | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  |                          |    |    |    |    |                           |    |    |    |    |
| Bodenfallenfänge                    | 6  | 6  | 4  | 4  | 4  | 6  | 6  | 4  | 4  | 4  |                          |    |    |    | 4  |                           |    |    |    |    |
| Wahlverhalten                       |    |    | 2  | 3  | 3  |    |    | 2  | 3  | 3  |                          |    |    |    |    |                           |    |    |    |    |
| Befallsbonitur                      |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    | 1  | 1  | 1  |                          |    | 1  | 1  | 1  |                           |    | 1  | 1  | 1  |
| Schadbildbonitur                    |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    | 1  | 1  | 1  |                          |    | 1  | 1  | 1  |                           |    | 1  | 1  | 1  |
| Ertragsmessung                      |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    | 1  | 1  | 1  |                          |    | 1  |    |    |                           |    |    |    |    |
| Energie- & Qualitäts-<br>bestimmung |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    | 1  | 1  | 1  |                          |    | 1  |    |    |                           |    |    |    |    |
| <i>Fusarium</i> -Bestimmung         |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    | 1  | 1  | 1  |                          |    | 1  |    |    |                           |    |    |    |    |
| Mykotoxinbestimmung                 |    |    | 1  | 1  | 1  |    |    | 1  | 1  | 1  |                          |    | 1  |    |    |                           |    |    |    |    |

### 3.11. Statistische Auswertung

Gewonnene Daten, wie Artenzahlen, Dominanzen und Aktivitätsdichten, können bereits als einzelne Parameter bei der Beurteilung spezieller Belastungsgrößen und bei der Beobachtung von Ökosystemveränderungen durch definierte Eingriffe herangezogen werden (PLACHTER 1990). So finden sich in jedem Habitat häufige und seltene Arten. Der relative Anteil einer Art, bezogen auf die der übrigen Arten, ist die Dominanz. Sie wurde aus der Aktivitätsdichte errechnet und stellt damit eine Aktivitätsdominanz dar. Zur Ermittlung dieses Wertes wurde der Quotient aus der mittels der Bodenfallen erhaltenen Individuenzahl einer Art und der Gesamtindividuenzahl aller Arten eines Fallenstandortes gebildet. Hierfür wurden die Bodenfallenfänge von Laufkäfern der Untersuchungsjahre 2000 - 2004 und Bodenfallenfänge von Spinnen der Untersuchungsjahre 2000 - 2003 herangezogen. Die Daten der Fallenfänge des Jahres 2002 von Feld 2 wurden nicht berücksichtigt, da hier Fallenausfälle durch Wildschweinschäden vorlagen.

Hinsichtlich der Dominanzklassifizierung wurde nach ENGELMANN (1978) die Einteilung in sechs Kategorien vorgenommen, wobei folgende Häufigkeitsklassen unterschieden wurden:

|             |               |             |             |
|-------------|---------------|-------------|-------------|
| eudominant  | 100 – 32 %    | rezedent    | 3,1 – 1,0 % |
| dominant    | 31,9 – 10,0 % | subrezedent | 0,9 – 0,3 % |
| subdominant | 9,9 – 3,2 %   | sporadisch  | < 0,3 %     |

In der weiteren Bewertung von Ökosystemeigenschaften finden aggregierte Parameter, die nicht am Ökosystem selbst messbar sind, Anwendung. Sie sind nach ENGELMANN (1978), MÜLLER (1991), MÜHLENBERG (1993) und SCHÄFER (1992) weitere übliche ökologische

Parameter bei Freilanduntersuchungen und drücken nach PLACHTER (1990) nicht nur bestimmte, oft komplexe Ökosystemeigenschaften in einem oder wenigen Zahlenwerten aus, sondern sind auch leicht feststellbar. In den vorliegenden Untersuchungen wurden folgende Parameter in die Auswertung der Bodenfallenfänge einbezogen (WETZEL 2004):

Mittels der JACCARD'schen Zahl erfolgte eine Charakterisierung des Übereinstimmungsgrades der Artenbestände zweier Flächen. Sie beschreibt auf der Basis der Artenzahlen der einzelnen Standorte das Verhältnis der Anzahl an Spezies, die gemeinsam in zwei Agroökosystemen auftreten zu der Anzahl der Arten, die lediglich in einem der beiden Areale vorkommen. Eine ähnliche Aussage (Artidentität) wird durch den SÖRENSEN-Quotienten (QS) ausgedrückt. Er beschreibt das Verhältnis der Anzahl gemeinsamer Arten in zwei Gebieten zur Gesamtartenzahl der beiden zu vergleichenden Flächen. Dabei variiert der Wert zwischen 0 und 1 bzw. zwischen 0 % und 100 %.

Anhand der RENKONEN-Zahl (R) wird unter Berücksichtigung der relativen Abundanzen der gemeinsamen Arten zweier Agroökosysteme die Übereinstimmung in den Dominanzverhältnissen der Habitats ausgedrückt (Dominanzidentität).

Die Artendiversität ( $H_s$ ) charakterisiert unter Einbeziehung der Gesamtzahl der vorhandenen Arten und Individuen sowie der Anzahl an Individuen je Spezies die biologische Vielfalt an Arten (RIECKEN, 1990) und wurde nach dem SHANNON-WEAVER-Index berechnet.

Die Evenness (E) als Ausbildungsgrad der Diversität ist ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Individuen in einem Agroökosystem. Sie nimmt Werte zwischen 0 und 1 an und wird maximal, wenn jede Art die gleiche Individuenzahl aufweist. Für Carabidengesellschaften im Ackerbau stellen sich in Feldstudien Werte um 0,5 ein (FREIER et al., 1999).

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der Software SAS 8.1 und SPSS. Die statistische Absicherung der Untersuchungsergebnisse basierte dabei auf den Mittelwerten der Fangzahlen je Termin bzw. je Zeiteinheit unter Berücksichtigung differenzierter Fallenzahlen und Anzahl an Terminen beim Vergleich unterschiedlicher Versuchsjahre. Bei Unterschieden zwischen den Mittelwerten der Wiederholungen jeder Variante diente der zweiseitige Wilcoxon-Test zur Ermittlung signifikanter Unterschiede bei einer simultanen Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Die Daten wurden zuvor mittels Levene-Test auf Normalverteilung getestet.

Für einen Vergleich der Methoden Bonitur und Ganzpflanzenernte wurde der Korrelationskoeffizient errechnet. Die statistische Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. E. Moll der zentralen EDV-Gruppe der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft.

Mittels kanonischer Korrespondenzanalyse (CCA) wurde die Beziehung zwischen den Arthropodengesellschaften und den ökologischen Variablen Standort, Jahr, Zeitpunkt der Untersuchung und Maissorte der Untersuchungsjahre 2000 bis 2003 untersucht.

Die Korrespondenzanalyse (CA), eine der wichtigsten Ordinationsverfahren innerhalb des Programms CANOCO, ist ein erprobtes und speziell auf ökologische Daten zugeschnittenes Hilfsmittel für die Anwendung multivariater Methoden. Das Ziel von Ordinationsverfahren ist es, die Struktur eines multivariaten Datensatz zu vereinfachen und auf die wesentlichen Informationen zu reduzieren. Bei der Vereinfachung wird versucht, die Variationsstruktur des Datensatzes beizubehalten. Durch partielle Ordination konnte der Einfluss der Maissorte von den übrigen ökologischen Einflüssen herausgerechnet werden (Abb. 11).

Für die Analysen wurden die Daten der Bodenfallenfänge und Ganzpflanzenernten mit der Software CANOCO 4.5 (TER BRAAK & ŠMILAUER, 2002) getrennt ausgewertet und dargestellt. In die Auswertung flossen neben den Daten der Versuche 2000 – 2002 zusätzlich Daten eines Versuches aus dem Jahr 2000 in Spickendorf (SP) bei Halle ein. Dort wurden Bodenfallenfänge und Ganzpflanzenernten in *Bt*-Mais (Novelis 270), der dazu korrespondierenden, nicht transformierten Linie Nobilis, beide von der Monsanto AG, sowie der konventionellen Sorte Birko durchgeführt.

Es wurden nur Arten, die mit mindestens 30 Individuen gefangen wurden, für die Analysen verwendet, da seltene Arten die Ordination stark beeinflussen können und die Ergebnisse verzerren (Ausnahme hierbei bildete *Ostrinia nublialis* welcher als Zielart von *Bt*-Mais mit einer geringeren Individuendichte nicht ausgeschlossen wurde). In die Auswertung der Bodenfallenfänge gingen 49 Taxa ein, in die Auswertung der Ganzpflanzen 22 Taxa. Statistische Signifikanzen wurden mit dem Monte Carlo-Permutationstest errechnet. Die Korrespondenzanalysen wurden an der Universität Innsbruck im Zentrum für Berglandschaft unter Leitung von Herrn Dr. M. Traugott durchgeführt.

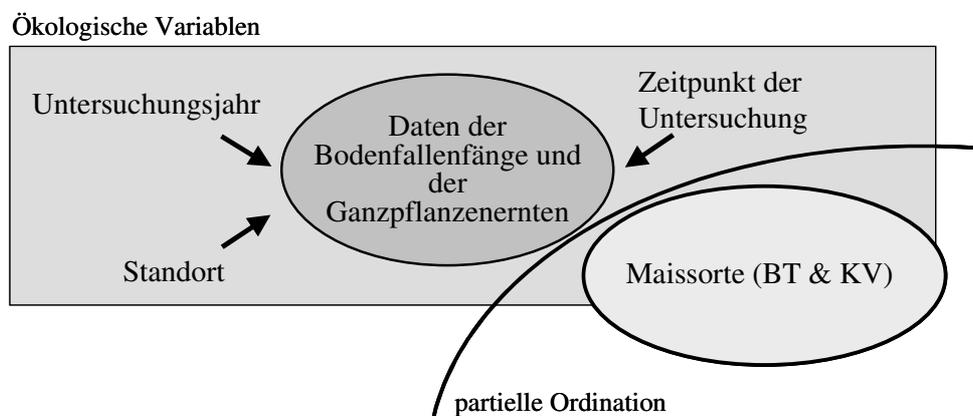


Abb. 11: Graphische Darstellung der partiellen Ordination innerhalb der Korrespondenzanalyse

Die Daten aller Untersuchungsjahre und Untersuchungsmethoden liegen in der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft im Institut für integrierten Pflanzenschutz in der AG Dr. B. Freier in Microsoft Excel-Dateien vor.

## **4. Ergebnisse**

### **4.1. Bonituren**

#### **4.1.1. Ausgewählte Indikatorgruppen**

Bei Erhebungen im Oderbruch und bei Halle/S. in den Jahren 2000 und 2001 der AG Dr. B. Freier, konnte ein erster Überblick der Abundanz- und Dominanzverhältnisse der Arthropoden in Maisbeständen gewonnen werden. Es wurde gezeigt, dass nur wenige Taxa in hoher Dichte vorkamen. Dabei konnten nur Thripse (Thysanoptera) und Wanzen (Heteroptera) als jährlich anzutreffende Taxa in repräsentativer Anzahl im Feld angesprochen werden. Thripse und Wanzen sind klassische Indikatortaxa, die auch bei ökologischen Bewertungen von *Bt*-Sorten im Vergleich mit konventionellen Sorten geeignet sind (PILCHER et al., 1997, HILBECK et al., 2000, ZWAHLEN et al., 2000 und BOURGUET et al., 2002). Allerdings ist eine tiefe Determination der Wanzen im Feld nicht möglich.

Für eine genaue Betrachtung des Vorkommens von Blattläusen und deren Prädatoren spricht ebenfalls das jährlich beobachtete Auftreten dieser Taxa in repräsentativer Dichte. Außerdem wird der natürlichen Regulation von Schädlingen, im Besonderen von Getreideblattläusen, durch Antagonisten, wie z. B. Coccinelliden, Syrphiden und Chrysopiden, eine große Bedeutung im integrierten Pflanzenschutz beigemessen (siehe 2.4.2.). Eine Veränderung ihrer Abundanz im Feld kann Störungen der komplexen Nahrungskette nach sich ziehen.

#### **4.1.2. Herausarbeitung optimaler Boniturtermine**

Um den aus den Feldstudien der Jahre 2000 und 2001 gewonnenen Überblick der Arthropodengemeinschaften im Feld zu vertiefen, aber vor allem um repräsentative Termine für Bonituren, besonders der unter 4.1.1. beschriebenen ausgewählten Indikatorgruppen zu gewinnen, wurde ein Vergleich aller Boniturtermine durchgeführt (Tab. 9).

**Tab. 9: Mittlere Abundanz von Thripsen, Wanzen sowie Blattläusen und deren Prädatoren pro Maispflanze bei Bonituren der Jahre 2000 - 2004 (BT und KV zusammengefasst)**  
 PU = Prädatoreinheiten, n.e. = nicht erfasst, n = 5 (2001: n = 10).

| Jahr | Feld | Termin | BBCH | Thripse | S.D.  | Wanzen | S.D. | Blattläuse | S.D.   | PU    | S.D.  |
|------|------|--------|------|---------|-------|--------|------|------------|--------|-------|-------|
| 2000 | 1    | T1     | 80   | 0,30    | 0,53  | 1,27   | 0,89 | 3,00       | 5,54   | 0,08  | 0,11  |
| 2001 | 1    | T1     | 51   | 8,67    | 3,09  | 0,62   | 0,44 | 4,32       | 3,07   | 0,32  | 0,28  |
|      | 1    | T2     | 77   | 1,80    | 1,13  | 0,75   | 0,44 | 0,08       | 0,15   | 0,01  | 0,00  |
|      | 1    | T3     | 86   | n.e.    | n.e.  | 0,23   | 0,19 | 70,75      | 85,03  | 0,07  | 0,17  |
| 2002 | 1    | T1     | 67   | 2,23    | 0,97  | 0,30   | 0,33 | 5,30       | 4,22   | 0,17  | 0,17  |
|      | 1    | T2     | 75   | 3,40    | 1,18  | 0,37   | 0,48 | 0,10       | 0,22   | 0,18  | 0,16  |
|      | 1    | T3     | 79   | 0,23    | 0,32  | 1,00   | 0,77 | 0          | 0      | 0,03  | 0,06  |
|      | 1    | T4     | 83   | 0,47    | 0,55  | 0,80   | 0,61 | 0,03       | 0,11   | 0,04  | 0,10  |
|      | 1    | T5     | 85   | 0,03    | 0,11  | 0,17   | 0,24 | 0,40       | 0,66   | 0,004 | 0,002 |
|      | 2    | T1     | 67   | 2,23    | 0,99  | 0,43   | 0,39 | 7,23       | 2,62   | 0,25  | 0,23  |
|      | 2    | T2     | 75   | 2,27    | 1,47  | 0,60   | 0,49 | 2,00       | 2,73   | 0,14  | 0,22  |
|      | 2    | T3     | 79   | 0,57    | 0,39  | 0,40   | 0,47 | 1,87       | 3,29   | 0,03  | 0,05  |
|      | 2    | T4     | 83   | 0,93    | 0,73  | 2,17   | 1,03 | 1,00       | 2,07   | 0,02  | 0,01  |
|      | 2    | T5     | 85   | 0,27    | 0,62  | 0,60   | 0,80 | 5,93       | 17,72  | 0,07  | 0,09  |
| 2003 | 1    | T1     | 59   | 29,97   | 15,56 | 1,43   | 0,52 | 88,93      | 29,66  | 0,11  | 0,13  |
|      | 1    | T2     | 65   | 2,00    | 1,13  | 3,10   | 1,91 | 1,27       | 1,55   | 0,16  | 0,14  |
|      | 1    | T3     | 87   | 0       | 0     | 0,30   | 0,29 | 271,97     | 163,50 | 0,03  | 0,06  |
|      | 2    | T1     | 59   | 33,77   | 15,87 | 1,40   | 0,87 | 125,70     | 45,34  | 0,31  | 0,27  |
|      | 2    | T2     | 65   | 5,20    | 1,35  | 4,37   | 0,95 | 1,67       | 1,32   | 0,48  | 0,14  |
|      | 2    | T3     | 87   | 0       | 0     | 0,50   | 0,48 | 154,43     | 237,86 | 0,19  | 0,34  |
| 2004 | 1    | T1     | 53   | 0,57    | 0,35  | 0,03   | 0,11 | 672,97     | 187,22 | 0,34  | 0,29  |
|      | 1    | T2     | 61   | 5,77    | 2,08  | 0,50   | 0,59 | 2,00       | 1,21   | 0,57  | 0,37  |
|      | 1    | T3     | 83   | 0,03    | 0,11  | 0,53   | 0,45 | 0,53       | 1,35   | 0,04  | 0,10  |
|      | 2    | T1     | 53   | 0,83    | 0,55  | 0,13   | 0,32 | 352,53     | 106,23 | 0,23  | 0,35  |
|      | 2    | T2     | 61   | 2,93    | 1,65  | 0,50   | 0,39 | 3,80       | 2,03   | 0,44  | 0,26  |
|      | 2    | T3     | 83   | 0       | 0     | 0,37   | 0,43 | 0,13       | 0,23   | 0,09  | 0,13  |

Die größte mittlere Dichte an Thripsen wurde am ersten Boniturtermin im Jahr 2003 auf Feld 2 mit  $33,8 \pm 15,9$  Thripsen/Pflanze beobachtet. Auf Feld 1 konnte zum gleichen Boniturtermin mit knapp  $30,0 \pm 15,6$  Thripsen/Pflanze eine, verglichen mit den anderen Boniturterminen, ebenfalls relativ große Anzahl festgestellt werden. Am jeweils letzten Boniturtermin aller Jahre war die Anzahl der Thripse sehr gering. In den Jahren 2003 und 2004 wurden außer in Feld 1 im Jahr 2004 keine Thripse am letzten Termin gefunden.

Wanzen kamen im Verlauf der Vegetation am häufigsten während und nach der Blüte vor. So wurden im Jahr 2003 im Zeitraum der Blüte (BBCH 61 - 69) in Feld 1 etwa  $3,1 \pm 1,9$  Wanzen/Pflanze und in Feld 2 knapp  $4,4 \pm 1,0$  Wanzen/Pflanze bonitiert.

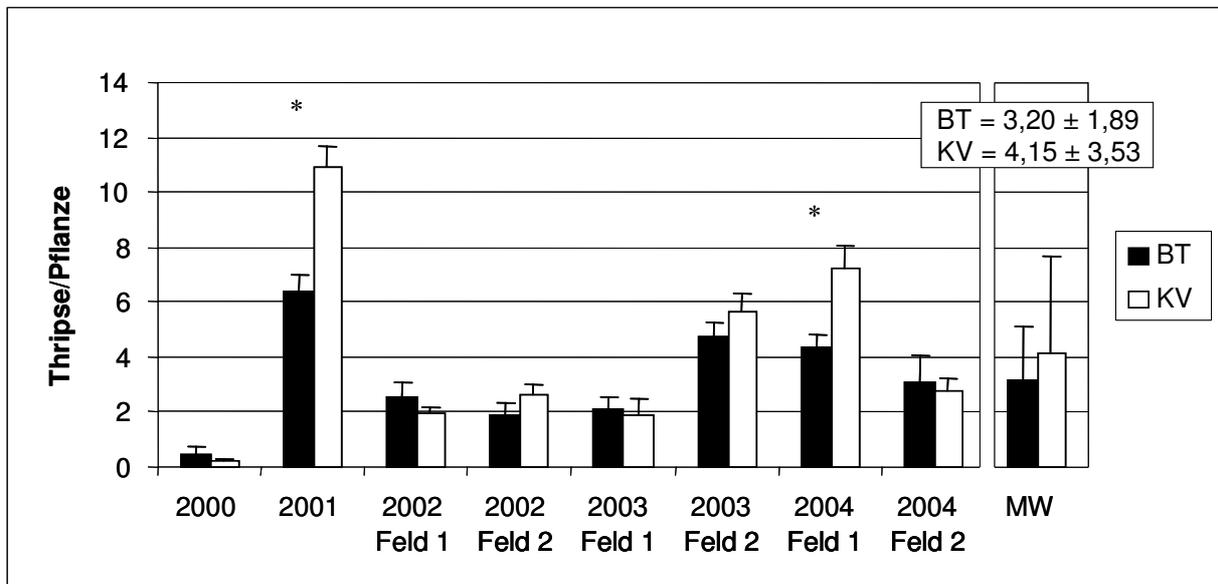
Resümierend wurde das stärkste Auftreten von Thripsen und Wanzen im Zeitraum der Blüte festgestellt.

Die höchste Dichte von Blattläusen konnte im Mittel aller Jahre vor der Blüte beobachtet werden. So war z. B. im Jahr 2004 die Anzahl der Blattläuse am ersten Boniturtermin (Termin vor der Blüte) mit einer mittleren Anzahl von knapp  $673 \pm 187$  Blattläusen/Pflanze auf Feld 1 bzw. mit einer mittleren Anzahl von  $353 \pm 106$  Blattläusen/Pflanze auf Feld 2 verglichen mit den folgenden Terminen sehr hoch. Zum Zeitpunkt der Blüte konnten in keinem Jahr extrem hohe Abundanzen von Blattläusen festgestellt werden.

Im Gegensatz dazu nahm die mittlere Anzahl der Prädatoren im gleichen Zeitraum, also bis zur Blüte, zu. Besonders deutlich wurde dies im Jahr 2004 auf Feld 1 und Feld 2, auf denen die Anzahl der Prädatoren von 0,34 Prädatoreinheiten/Pflanze (Feld 1) bzw. 0,23 Prädatoreinheiten/Pflanze (Feld 2) auf 0,57 Prädatoreinheiten/Pflanze (Feld 1) bzw. 0,44 Prädatoreinheiten/Pflanze (Feld 2) zunahm. Am dritten Boniturtermin war die Anzahl sowohl von Blattläusen als auch Prädatoren in der Gesamtheit der Jahre am geringsten. (Tab. 9).

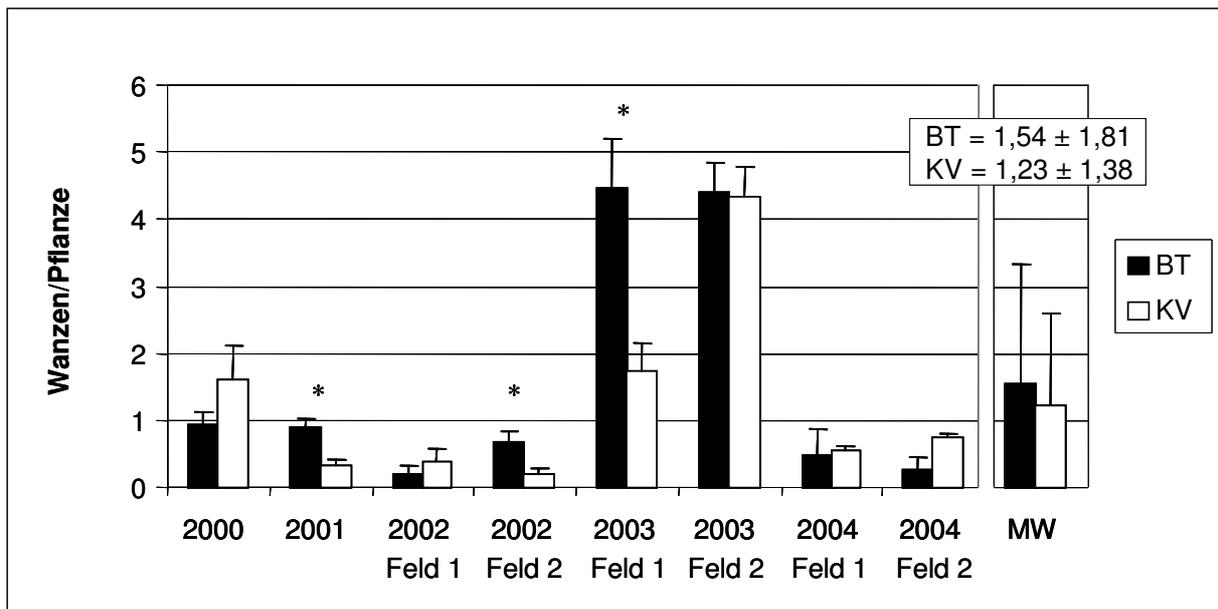
#### **4.1.3. Vergleich der BT- und KV- Variante im Auftreten von Arthropodengemeinschaften zum Zeitpunkt der Blüte**

Bezüglich des Auftretens der Indikatorgruppen Thripse, Wanzen, Blattläuse und Blattlausprädatoren (Prädatoreinheiten) (4.1.1.), wurden die BT- und KV-Varianten verglichen. Dazu wurde der Boniturtermin zum Zeitpunkt der Blüte (BBCH 61 - 69) herangezogen, da zu diesem Zeitpunkt, wie in 4.1.2. beschrieben, eine mittlere bis hohe Aktivität der Indikatoren vorlag. Die Anzahl an Blattläusen war vor der Blüte allerdings deutlich höher als zum Zeitpunkt der Blüte. Dennoch wurden auch hierfür die Termine während der Blüte herangezogen. Zu berücksichtigen war, dass die Bonituren der Jahre 2000 und 2001 nicht zum Zeitpunkt der Blüte stattgefunden haben. Für die vergleichenden Analysen wurden trotzdem Daten der Jahre 2000 und 2001 Termin 1 verwendet. Im Jahr 2002 fand der Boniturtermin 1 zur Blüte, in den Jahren 2003 und 2004 jeweils der Boniturtermin 2 zum Zeitpunkt der Blüte statt. Abb. 12 bis Abb. 15 veranschaulichen die Anzahl an Individuen pro Pflanze sowie die Standardabweichungen.



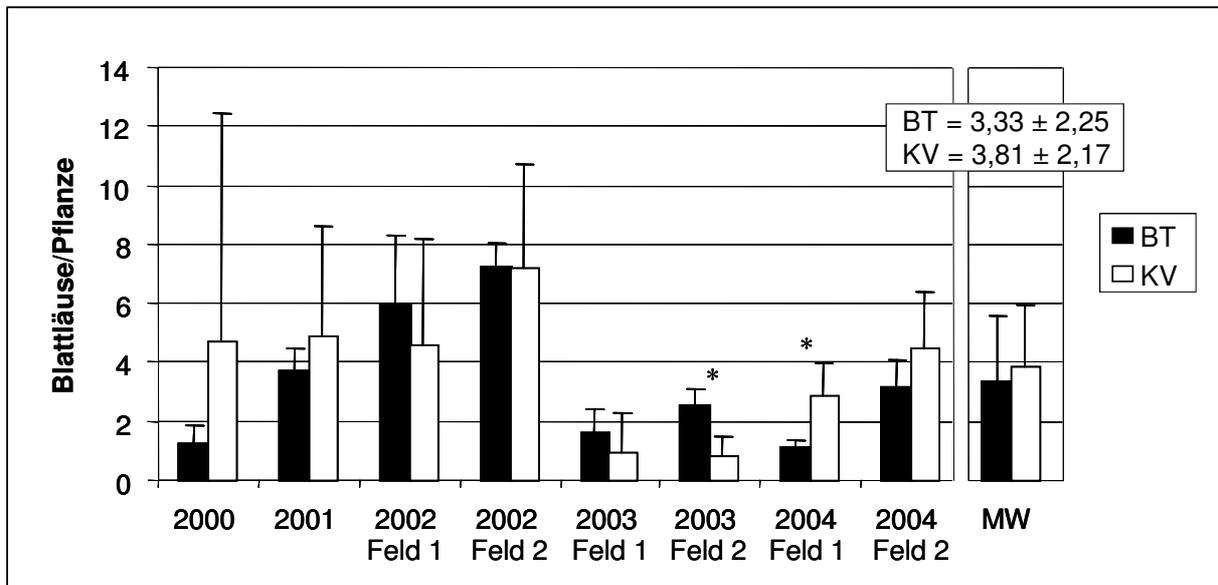
**Abb. 12: Mittlere Abundanz von Thripsen pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte** (BBCH 61 - 69; entspricht in den Jahren 2000 – 2002 dem Boniturtermin T1, in den Jahren 2003 – 2004 dem Boniturtermin T2). MW = Mittelwert aller Feldstudien; \* =  $P < 0,05$ ,  $n = 5$  (2001:  $n = 10$ ).

Das Auftreten von Thripsen zum Zeitpunkt der Blüte war bei den einzelnen Feldstudien relativ unterschiedlich. So wurden von  $0,20 \pm 0,13$  Thripsen/Pflanze (2000 KV) bis  $10,90 \pm 0,77$  Thripsen/Pflanze (2001 KV) bonitiert. Signifikante Unterschiede im Auftreten von Thripsen zwischen den Flächen BT und KV innerhalb eines Standortes gab es im Jahr 2001 und im Jahr 2004 auf Feld 1. In beiden Fällen kamen signifikant mehr Thripse auf der KV-Fläche vor als auf der BT-Fläche. Im Mittel aller Jahre konnten zum Zeitpunkt der Blüte mehr Thripse auf der KV-Fläche ( $4,15 \pm 3,53$  Thripse/Pflanze) als auf der BT-Fläche ( $3,20 \pm 1,89$  Thripse/Pflanze) ermittelt werden, wobei dieser Unterschied keine Signifikanz aufwies (Abb. 12).



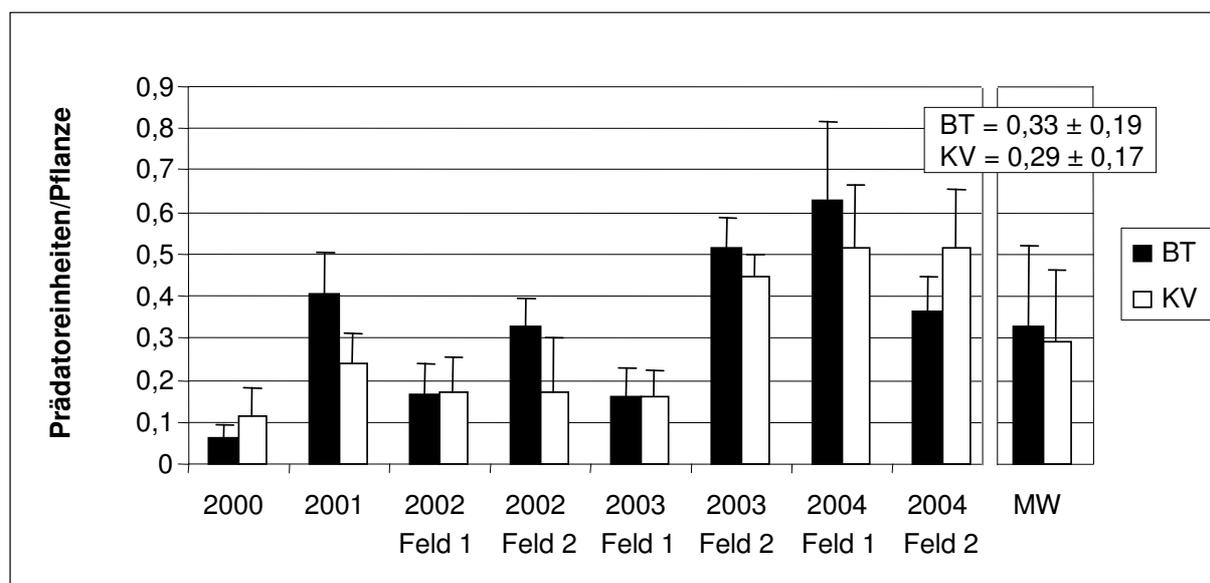
**Abb. 13: Mittlere Abundanz von Wanzen pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte** (BBCH 61 - 69; entspricht in den Jahren 2000 – 2002 dem Boniturtermin T1, in den Jahren 2003 – 2004 dem Boniturtermin T2). MW = Mittelwert aller Feldstudien; \* =  $P < 0,05$ ,  $n = 5$ , (2001:  $n = 10$ ).

Das Auftreten von Wanzen zum Zeitpunkt der Blüte war zwischen den einzelnen Feldstudien relativ unterschiedlich. Die Dichten variierten zwischen  $0,20 \pm 0,18$  Wanzen/Pflanze (2002 Feld 2 KV) und  $4,47 \pm 1,64$  Wanzen/Pflanze (2003 Feld 1 BT). Signifikante Unterschiede im Auftreten von Wanzen zwischen den Flächen BT und KV innerhalb eines Standortes gab es im Jahr 2001, im Jahr 2002 auf Feld 2 und im Jahr 2003 auf Feld 1. In diesen Untersuchungen kamen signifikant mehr Wanzen auf der BT-Fläche vor als auf der KV-Fläche. Im Mittel aller Jahre konnten zum Zeitpunkt der Blüte mehr Wanzen auf der BT-Fläche ( $1,54 \pm 1,81$  Wanzen/Pflanze) als auf der KV-Fläche ( $1,23 \pm 1,38$  Wanzen/Pflanze) ermittelt werden. Dieser Unterschied war allerdings nicht signifikant (Abb. 13).



**Abb. 14: Mittlere Abundanz von Blattläusen pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte** (BBCH 61 - 69; entspricht in den Jahren 2000 – 2002 dem Boniturtermin T1, in den Jahren 2003 – 2004 dem Boniturtermin T2). MW = Mittelwert aller Feldstudien; \* =  $P < 0,05$ ,  $n = 5$  (2001:  $n = 10$ ).

Im Auftreten von Blattläusen zum Zeitpunkt der Blüte gab es zwischen den einzelnen Felderhebungen aber auch zwischen den Standorten innerhalb eines Jahres Unterschiede. Es wurden während der Blüte von  $0,80 \pm 0,69$  Blattläusen/Pflanze (2003 Feld 2 KV) bis  $7,27 \pm 1,71$  Blattläusen/Pflanze (2002 Feld 2 BT) bonitiert. Signifikante Unterschiede im Auftreten von Blattläusen zwischen den Flächen BT und KV innerhalb eines Feldes gab es im Jahr 2003 auf Feld 2 und im Jahr 2004 auf Feld 1. Allerdings kamen im ersten Fall signifikant mehr Blattläuse auf der BT-Fläche vor als auf der KV-Fläche, im zweiten Fall signifikant mehr Blattläuse auf der KV-Fläche. Im Mittel aller Jahre konnten zum Zeitpunkt der Blüte mehr Blattläuse auf der KV-Fläche ( $3,81 \pm 2,17$  Blattläuse/Pflanze) als auf der BT-Fläche ( $3,33 \pm 2,25$  Blattläuse/Pflanze) ermittelt werden. Dieser Unterschied war nicht signifikant. Die extrem hohe Standardabweichung im Jahr 2000 ergab sich durch das stark unterschiedliche Auftreten der Blattläuse an den einzelnen Boniturstellen (Abb. 14).



**Abb. 15: Mittleres Auftreten von Blattlausprädatoren (Prädatoreinheiten) pro Maispflanze bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte**

BBCH 61 - 69; entspricht in den Jahren 2000 – 2002 dem Boniturtermin T1, in den Jahren 2003 – 2004 dem Boniturtermin T2. MW = Mittelwert aller Feldstudien; \* =  $P < 0,05$ ,  $n = 5$  (2001:  $n = 10$ ).

Zum Zeitpunkt der Blüte war das Auftreten der Prädatoren, gemessen als Prädatoreinheiten (siehe hierzu 2.4.2.), in den acht Felderhebungen relativ unterschiedlich (Abb. 15). Es wurden von  $0,05 \pm 0,03$  Prädatoreinheiten/Pflanze (2000 BT) bis  $0,63 \pm 0,19$  Prädatoreinheiten/Pflanze (2004 Feld 1 BT) bonitiert. Auf den einzelnen Standorten konnten keine signifikanten Unterschiede im Auftreten von Prädatoreinheiten zwischen den Flächen BT und KV festgestellt werden. Im Mittel aller Jahre waren zum Zeitpunkt der Blüte nicht signifikant mehr Prädatoren auf der BT-Fläche ( $0,33 \pm 0,19$  Prädatoreinheiten/Pflanze) als auf der KV-Fläche ( $0,29 \pm 0,17$  Prädatoreinheiten/Pflanze).

#### **4.1.4. Prüfung aller Boniturtermine auf signifikante Unterschiede zwischen der BT- und KV-Variante im Auftreten von Arthropodengemeinschaften**

Im vorangegangenen Abschnitt 4.1.3. wurden Unterschiede im Auftreten bestimmter Arthropodengemeinschaften (Blattläuse, Prädatoreinheiten, Thripse und Wanzen) zum Zeitpunkt der Blüte schwerpunktmäßig herausgearbeitet, wobei die BT- und KV- Flächen jedes einzelnen Standortes, aber auch die einzelnen Feldstudien miteinander verglichen wurden.

Nachfolgend wurde jeder einzelne Boniturtermin auf Unterschiede und Signifikanzen im Auftreten der oben angegebenen Indikatorgruppen zwischen den Teilflächen BT und KV analysiert. Damit sollte geprüft werden, ob zu einem anderen Zeitpunkt als der Blüte, der als

optimaler Boniturtermin herausgearbeitet wurde (4.1.2.), signifikante Unterschiede zu finden sind.

Von den 25 Bonituren der fünf Untersuchungsjahre wurden bei 14 Bonituren weniger Thripse auf der BT-Fläche als auf der KV-Fläche beobachtet. In drei Fällen war der Unterschied signifikant (2001 T1, T2 und 2004 Feld 1 T2). An drei Boniturterminen (2003 Feld 1 T3, 2003 Feld 2 T3 und 2004 Feld 1 T3) wurden weder auf der BT-Fläche noch auf der KV-Fläche Thripse gefunden (Tab. 10).

**Tab. 10: Mittlere Abundanz von Thripsen pro Maispflanze bei Bonituren in den Jahren 2000 - 2004**

T = Termin der Bonitur in dem jeweiligen Jahr, Ind. = Individuum, S.D. = Standardabweichung; BT < KV = Abundanz von Thripsen in BT geringer als in KV (gekennzeichnet mit <); n.e. = nicht erfasst, n = 5 (2001: n = 10), \* = Signifikanz (P < 0,05, Wilcoxon zweiseitig).

| Jahr | Feld | Termin | BBCH | BT           |       | KV           |       | Sig.<br>(P < 0,05) | BT < KV |
|------|------|--------|------|--------------|-------|--------------|-------|--------------------|---------|
|      |      |        |      | Ind./Pflanze | S.D.  | Ind./Pflanze | S.D.  |                    |         |
| 2000 | 1    | T1     | 80   | 0,47         | 0,69  | 0,13         | 0,30  |                    |         |
| 2001 | 1    | T1     | 51   | <b>6,43</b>  | 1,78  | <b>10,90</b> | 2,43  | *                  | <       |
|      | 1    | T2     | 77   | <b>1,17</b>  | 0,61  | <b>2,43</b>  | 1,20  | *                  | <       |
|      | 1    | T3     | 86   | n.e.         | n.e.  | n.e.         | n.e.  |                    | 0       |
| 2002 | 1    | T1     | 67   | 2,53         | 1,26  | 1,93         | 0,55  |                    |         |
|      | 1    | T2     | 75   | 4,07         | 0,80  | 2,73         | 1,19  |                    |         |
|      | 1    | T3     | 79   | 0            | 0     | 0,47         | 0,30  |                    | <       |
|      | 1    | T4     | 83   | 0,40         | 0,72  | 0,53         | 0,38  |                    | <       |
|      | 1    | T5     | 85   | 0,07         | 0,15  | 0            | 0     |                    |         |
|      | 2    | T1     | 67   | 1,87         | 0,99  | 2,60         | 0,95  |                    | <       |
|      | 2    | T2     | 75   | 1,67         | 1,53  | 2,87         | 1,28  |                    | <       |
|      | 2    | T3     | 79   | 0,53         | 0,38  | 0,60         | 0,43  |                    | <       |
|      | 2    | T4     | 83   | 0,47         | 0,18  | 1,40         | 0,80  |                    | <       |
|      | 2    | T5     | 85   | 0            | 0     | 0,53         | 0,84  |                    | <       |
| 2003 | 1    | T1     | 59   | 37,53        | 12,26 | 22,40        | 15,86 |                    |         |
|      | 1    | T2     | 65   | 2,13         | 0,96  | 1,87         | 1,39  |                    |         |
|      | 1    | T3     | 87   | 0            | 0     | 0            | 0     |                    | 0       |
|      | 2    | T1     | 59   | 31,80        | 8,89  | 35,73        | 21,86 |                    | <       |
|      | 2    | T2     | 65   | 4,73         | 1,19  | 5,67         | 1,47  |                    | <       |
|      | 2    | T3     | 87   | 0            | 0     | 0            | 0     |                    | 0       |
| 2004 | 1    | T1     | 53   | 0,47         | 0,18  | 0,67         | 0,47  |                    | <       |
|      | 1    | T2     | 61   | <b>4,33</b>  | 1,05  | <b>7,20</b>  | 1,86  | *                  | <       |
|      | 1    | T3     | 83   | 0            | 0     | 0,07         | 0,15  |                    | <       |
|      | 2    | T1     | 53   | 0,93         | 0,64  | 0,73         | 0,49  |                    |         |
|      | 2    | T2     | 61   | 3,07         | 2,24  | 2,80         | 1,04  |                    |         |
|      | 2    | T3     | 83   | 0            | 0     | 0            | 0     |                    | 0       |

Vergleich des Auftretens von Thripsen zwischen BT und KV

14 < 8

Von den 26 Bonituren der fünf Untersuchungsjahre wurden bei 14 Bonituren weniger Wanzen auf der BT- als auf der KV-Fläche beobachtet. Von den zwölf Untersuchungen in denen mehr Wanzen auf der BT-Fläche gefunden wurden, konnten drei Vergleiche (2001 T1, 2002 Feld 2 T1 und 2003 Feld 1 T2) signifikante Unterschiede aufweisen (Tab. 11).

**Tab. 11: Mittlere Abundanz von Wanzen pro Maispflanze bei Bonituren in den Jahren 2000 - 2004**

T = Termin der Bonitur in dem jeweiligen Jahr, Ind. = Individuum, S.D. = Standardabweichung; BT < KV = Abundanz von Wanzen in BT geringer als in KV (gekennzeichnet mit <); n = 5 (2001: n = 10), \* = Signifikanz (P < 0,05, Wilcoxon zweiseitig).

| Jahr | Feld | Termin | BBCH | BT           |      | KV           |      | Sig.<br>(P < 0,05) | BT < KV |
|------|------|--------|------|--------------|------|--------------|------|--------------------|---------|
|      |      |        |      | Ind./Pflanze | S.D. | Ind./Pflanze | S.D. |                    |         |
| 2000 | 1    | T1     | 80   | 0,93         | 0,43 | 1,60         | 1,14 |                    | <       |
| 2001 | 1    | T1     | 51   | <b>0,90</b>  | 0,42 | <b>0,33</b>  | 0,22 | *                  | <       |
|      |      | T2     | 77   | 0,73         | 0,44 | 0,77         | 0,47 |                    | <       |
|      |      | T3     | 86   | 0,23         | 0,22 | 0,23         | 0,16 |                    | <       |
| 2002 | 1    | T1     | 67   | 0,20         | 0,30 | 0,40         | 0,37 |                    | <       |
|      |      | T2     | 75   | 0,27         | 0,60 | 0,47         | 0,38 |                    | <       |
|      |      | T3     | 79   | 1,13         | 0,45 | 0,87         | 1,04 |                    | <       |
|      |      | T4     | 83   | 0,87         | 0,69 | 0,73         | 0,60 |                    | <       |
|      |      | T5     | 85   | 0,07         | 0,15 | 0,27         | 0,28 |                    | <       |
|      | 2    | T1     | 67   | <b>0,67</b>  | 0,41 | <b>0,20</b>  | 0,18 | *                  | <       |
|      |      | T2     | 75   | 0,53         | 0,38 | 0,67         | 0,62 |                    | <       |
|      |      | T3     | 79   | 0,60         | 0,60 | 0,20         | 0,18 |                    | <       |
|      |      | T4     | 83   | 2,13         | 0,69 | 2,20         | 1,39 |                    | <       |
|      |      | T5     | 85   | 0,33         | 0,33 | 0,87         | 1,07 |                    | <       |
| 2003 | 1    | T1     | 59   | 1,53         | 0,45 | 1,33         | 0,62 |                    | <       |
|      |      | T2     | 65   | <b>4,47</b>  | 1,64 | <b>1,73</b>  | 0,92 | *                  | <       |
|      |      | T3     | 87   | 0,33         | 0,33 | 0,27         | 0,28 |                    | <       |
|      | 2    | T1     | 59   | 1,73         | 0,89 | 1,07         | 0,80 |                    | <       |
|      |      | T2     | 65   | 4,40         | 1,01 | 4,33         | 1,00 |                    | <       |
|      |      | T3     | 87   | 0,20         | 0,18 | 0,80         | 0,51 |                    | <       |
| 2004 | 1    | T1     | 53   | 0            | 0    | 0,07         | 0,15 |                    | <       |
|      |      | T2     | 61   | 0,47         | 0,87 | 0,53         | 0,18 |                    | <       |
|      |      | T3     | 83   | 0,53         | 0,51 | 0,53         | 0,45 |                    | <       |
|      | 2    | T1     | 53   | 0,07         | 0,15 | 0,20         | 0,45 |                    | <       |
|      |      | T2     | 61   | 0,27         | 0,43 | 0,73         | 0,15 |                    | <       |
|      |      | T3     | 83   | 0,20         | 0,30 | 0,53         | 0,51 |                    | <       |

Vergleich des Auftretens von Wanzen zwischen BT und KV

14 < 12

Bei 14 von 26 Bonituren der fünf Untersuchungsjahre wurden weniger Blattläuse auf der BT-Fläche als auf der KV-Fläche beobachtet. In drei Untersuchungen war der Unterschied signifikant. So wurden während einer Bonitur signifikant mehr Blattläuse auf der BT-Fläche gefunden (2003 Feld 2 T2) und bei zwei Bonituren signifikant mehr Blattläuse auf der KV-Fläche (2003 Feld 1 T1 und 2004 Feld 1 T2). An einem Boniturtermin (2002 Feld 1 T3) konnten weder auf der BT-Fläche noch auf der KV-Fläche Blattläuse festgestellt werden (Tab. 12). Die einmalige Bonitur in der chemischen Bekämpfungsvariante im Jahr 2004 auf Feld 2 kurz vor der Ernte, zeigte eine höhere Dichte an Blattläusen ( $3,00 \pm 3,81$  Blattläuse/Pflanze).

**Tab. 12: Mittlere Abundanz von Blattläusen pro Maispflanze bei Bonituren in den Jahren 2000 - 2004**

T = Termin der Bonitur in dem jeweiligen Jahr, Ind. = Individuum, S.D. = Standardabweichung; BT < KV = Abundanz von Blattläusen in BT geringer als in KV (gekennzeichnet mit <); n = 5 (2001: n = 10), \* = Signifikanz ( $P < 0,05$ , Wilcoxon zweiseitig).

| Jahr | Feld | Termin | BBCH | BT           |        | KV            |        | Sig.<br>( $P < 0,05$ ) | BT < KV |
|------|------|--------|------|--------------|--------|---------------|--------|------------------------|---------|
|      |      |        |      | Ind./Pflanze | S.D.   | Ind./Pflanze  | S.D.   |                        |         |
| 2000 | 1    | T1     | 80   | 1,27         | 1,38   | 4,73          | 7,72   |                        | <       |
| 2001 | 1    | T1     | 51   | 3,73         | 2,37   | 4,90          | 3,68   |                        | <       |
|      | 1    | T2     | 77   | 0,10         | 0,16   | 0,07          | 0,14   |                        |         |
|      | 1    | T3     | 86   | 47,37        | 102,69 | 94,13         | 59,19  |                        | <       |
| 2002 | 1    | T1     | 67   | 6,00         | 5,10   | 4,60          | 3,58   |                        |         |
|      | 1    | T2     | 75   | 0            | 0      | 0,20          | 0,30   |                        | <       |
|      | 1    | T3     | 79   | 0            | 0      | 0             | 0      |                        | 0       |
|      | 1    | T4     | 83   | 0,07         | 0,15   | 0             | 0      |                        |         |
|      | 1    | T5     | 85   | 0,60         | 0,89   | 0,20          | 0,30   |                        |         |
|      | 2    | T1     | 67   | 7,27         | 1,71   | 7,20          | 3,53   |                        |         |
|      | 2    | T2     | 75   | 0,40         | 0,89   | 3,60          | 3,09   |                        | <       |
|      | 2    | T3     | 79   | 0            | 0      | 3,73          | 3,95   |                        | <       |
|      | 2    | T4     | 83   | 0            | 0      | 2,00          | 2,68   |                        | <       |
|      | 2    | T5     | 85   | 0,47         | 0,69   | 11,40         | 25,12  |                        | <       |
| 2003 | 1    | T1     | 59   | <b>69,80</b> | 22,77  | <b>108,07</b> | 23,35  | *                      | <       |
|      | 1    | T2     | 65   | 1,60         | 1,80   | 0,93          | 1,38   |                        |         |
|      | 1    | T3     | 87   | 204,20       | 159,96 | 339,73        | 151,93 |                        | <       |
|      | 2    | T1     | 59   | 148,93       | 34,93  | 102,47        | 45,34  |                        |         |
|      | 2    | T2     | 65   | <b>2,53</b>  | 1,26   | <b>0,80</b>   | 0,69   | *                      |         |
|      | 2    | T3     | 87   | 255,93       | 316,80 | 52,93         | 34,31  |                        |         |
| 2004 | 1    | T1     | 53   | 626,60       | 238,98 | 719,33        | 127,99 |                        | <       |
|      | 1    | T2     | 61   | <b>1,13</b>  | 0,51   | <b>2,87</b>   | 1,07   | *                      | <       |
|      | 1    | T3     | 83   | 0,93         | 1,91   | 0,13          | 0,30   |                        |         |
|      | 2    | T1     | 53   | 309,33       | 59,33  | 395,73        | 131,17 |                        | <       |
|      | 2    | T2     | 61   | 3,13         | 2,10   | 4,47          | 1,92   |                        | <       |
|      | 2    | T3     | 83   | 0,20         | 0,30   | 0,07          | 0,15   |                        |         |

Vergleich des Auftretens von Blattläusen zwischen BT und KV

14 < 11

Bei 17 der 26 Bonituren der fünf Untersuchungsjahre wurden weniger Prädatoren in der BT-Variante als in der KV-Variante beobachtet. Signifikante Unterschiede konnten aber nicht festgestellt werden (Tab. 13).

**Tab. 13: Mittlere Abundanz der Blattlausprädatoren, gemessen in Prädatoreinheiten, pro Maispflanze bei Bonituren in den Jahren 2000 - 2004**

T = Termin der Bonitur in dem jeweiligen Jahr, Ind. = Individuum, S.D. = Standardabweichung, BT < KV = Abundanz der Prädatoreinheiten in BT geringer als in KV (gekennzeichnet mit <), n = 5, (2001: n = 10), \* = Signifikanz (P < 0,05, Wilcoxon zweiseitig).

| Jahr | Feld | Termin | BBCH | BT           |       | KV           |       | Sig.<br>(P < 0,05) | BT < KV |
|------|------|--------|------|--------------|-------|--------------|-------|--------------------|---------|
|      |      |        |      | Ind./Pflanze | S.D.  | Ind./Pflanze | S.D.  |                    |         |
| 2000 | 1    | T1     | 80   | 0,05         | 0,07  | 0,12         | 0,14  |                    | <       |
| 2001 | 1    | T1     | 51   | 0,41         | 0,31  | 0,24         | 0,22  |                    |         |
|      | 1    | T2     | 77   | 0,005        | 0,002 | 0,01         | 0,002 |                    | <       |
|      | 1    | T3     | 86   | 0,01         | 0,01  | 0,13         | 0,11  |                    | <       |
| 2002 | 1    | T1     | 67   | 0,16         | 0,17  | 0,17         | 0,19  |                    | <       |
|      | 1    | T2     | 75   | 0,24         | 0,16  | 0,13         | 0,17  |                    |         |
|      | 1    | T3     | 79   | 0,005        | 0,002 | 0,05         | 0,09  |                    | <       |
|      | 1    | T4     | 83   | 0,01         | 0,003 | 0,07         | 0,14  |                    | <       |
|      | 1    | T5     | 85   | 0,003        | 0,002 | 0,004        | 0,001 |                    | <       |
|      | 2    | T1     | 67   | 0,33         | 0,15  | 0,17         | 0,29  |                    |         |
|      | 2    | T2     | 75   | 0,24         | 0,28  | 0,04         | 0,09  |                    |         |
|      | 2    | T3     | 79   | 0,05         | 0,07  | 0,01         | 0,001 |                    |         |
|      | 2    | T4     | 83   | 0,02         | 0,02  | 0,01         | 0,005 |                    |         |
|      | 2    | T5     | 85   | 0,05         | 0,09  | 0,08         | 0,11  |                    | <       |
| 2003 | 1    | T1     | 59   | 0,08         | 0,11  | 0,15         | 0,15  |                    | <       |
|      | 1    | T2     | 65   | 0,159        | 0,15  | 0,162        | 0,14  |                    | <       |
|      | 1    | T3     | 87   | 0,05         | 0,09  | 0,004        | 0,002 |                    |         |
|      | 2    | T1     | 59   | 0,28         | 0,26  | 0,34         | 0,30  |                    | <       |
|      | 2    | T2     | 65   | 0,51         | 0,16  | 0,44         | 0,12  |                    |         |
| 2004 | 2    | T3     | 87   | 0,13         | 0,28  | 0,25         | 0,41  |                    | <       |
|      | 1    | T1     | 53   | 0,33         | 0,17  | 0,36         | 0,40  |                    | <       |
|      | 1    | T2     | 61   | 0,63         | 0,42  | 0,51         | 0,34  |                    |         |
|      | 1    | T3     | 83   | 0,01         | 0,002 | 0,07         | 0,14  |                    | <       |
|      | 2    | T1     | 53   | 0,12         | 0,13  | 0,35         | 0,47  |                    | <       |
|      | 2    | T2     | 61   | 0,36         | 0,19  | 0,52         | 0,31  |                    | <       |
|      | 2    | T3     | 83   | 0,07         | 0,14  | 0,11         | 0,14  |                    | <       |

Vergleich des Auftretens der Prädatoreinheiten zwischen BT und KV

17 < 9

## 4.2. Ganzpflanzenernten

Die Auswertung der Ganzpflanzenernten umfasste die Daten der Jahre 2002 und 2003 sowie die bereits vorliegenden Daten aus Erhebungen der Jahre 2000 und 2001. Die Auswertung der Daten aus dem Jahr 2004 ist noch nicht abgeschlossen.

Ausgewertet wurden die Daten in Anlehnung der Auswertung der Boniturbefunde. Es wurden die gleichen Indikatorgruppen herangezogen (siehe 4.1.1.). Ebenso wurden die Ganzpflanzenernten die zum Zeitpunkt der Blüte (BBCH 61 – 69) stattgefunden haben (siehe 4.1.2.), berücksichtigt.

Die größte mittlere Dichte an Thripsen konnte im Jahr 2003 auf der Fläche 2 mit  $147,27 \pm 11,55$  Thripsen/Pflanze in KV bzw.  $111,80 \pm 18,22$  Thripsen/Pflanze in BT beobachtet werden, wobei der Unterschied zwischen BT und KV signifikant war. Weitere signifikante Unterschiede im Auftreten von Thripsen zwischen der BT- und KV-Variante konnten im Jahr 2001 (BT:  $31,73 \pm 4,21$  Thripse/Pflanze, KV:  $10,53 \pm 3,21$  Thripse/Pflanze) und 2002 auf Feld 1 (BT:  $38,20 \pm 10,89$  Thripse/Pflanze, KV  $79,40 \pm 17,16$  Thripse/Pflanze) festgestellt werden.

Die Taxa Wanzen, Blattläuse sowie deren Prädatoren wiesen bei keiner Ganzpflanzenernte zum Zeitpunkt der Blüte signifikante Unterschiede zwischen der BT- und KV-Variante auf. Auffällig war allerdings das größere Auftreten der Blattläuse in den BT-Varianten in nahezu allen Untersuchungen (Ausnahme 2001) verglichen mit der KV-Variante (Tab. 14).

**Tab. 14: Mittlere Abundanz von Thripsen, Wanzen, Blattläusen und Blattlausprädatoren, gemessen in Prädatoreinheiten (PU), pro Maispflanze bei Ganzpflanzenernten in den Jahren 2000 - 2003 zum Zeitpunkt der Blüte**

MW = Mittelwert, n = 5, \* = Signifikanz (P < 0,05, Wilcoxon zweiseitig).

| Thripse    |      | BT     |       | KV     |       | Sig.<br>(P < 0,05) | Wanzen     |      | BT    |        | KV    |       | Sig.<br>(P < 0,05) |
|------------|------|--------|-------|--------|-------|--------------------|------------|------|-------|--------|-------|-------|--------------------|
| Jahr       | Feld | MW     | S.D.  | MW     | S.D.  |                    | Jahr       | Feld | MW    | S.D.   | MW    | S.D.  |                    |
| 2000       | 1    | 22,63  | 6,55  | 24,33  | 4,50  |                    | 2000       | 1    | 0,67  | 0,24   | 1,13  | 0,43  |                    |
| 2001       | 1    | 31,73  | 4,21  | 10,53  | 3,21  | *                  | 2001       | 1    | 1,03  | 0,36   | 0,73  | 0,09  |                    |
| 2002       | 1    | 38,20  | 10,89 | 79,40  | 17,16 | *                  | 2002       | 1    | 0,80  | 0,14   | 0,53  | 0,18  |                    |
| 2002       | 2    | 59,47  | 21,56 | 31,00  | 9,35  |                    | 2002       | 2    | 0,73  | 0,001  | 0     | 0     |                    |
| 2003       | 1    | 59,00  | 16,28 | 47,53  | 12,33 |                    | 2003       | 1    | 4,73  | 1,32   | 3,80  | 2,66  |                    |
| 2003       | 2    | 111,80 | 18,22 | 147,27 | 11,55 | *                  | 2003       | 2    | 5,87  | 0,27   | 7,27  | 2,24  |                    |
| Mittelwert |      | 47,36  | 38,79 | 46,20  | 53,11 |                    | Mittelwert |      | 2,63  | 2,41   | 2,56  | 2,67  |                    |
| Blattläuse |      | BT     |       | KV     |       | Sig.<br>(P < 0,05) | PU         |      | BT    |        | KV    |       | Sig.<br>(P < 0,05) |
| Jahr       | Feld | MW     | S.D.  | MW     | S.D.  |                    | Jahr       | Feld | MW    | S.D.   | MW    | S.D.  |                    |
| 2000       | 1    | 32,83  | 7,48  | 29,20  | 10,01 |                    | 2000       | 1    | 0,53  | 0,39   | 0,49  | 0,20  |                    |
| 2001       | 1    | 1,37   | 0,69  | 2,90   | 4,12  |                    | 2001       | 1    | 0,35  | 0,21   | 0,23  | 0,10  |                    |
| 2002       | 1    | 0,60   | 0,43  | 0,07   | 0,15  |                    | 2002       | 1    | 0,001 | 0,0005 | 0,14  | 0,27  |                    |
| 2002       | 2    | 2,07   | 2,47  | 0,73   | 0,80  |                    | 2002       | 2    | 0,001 | 0,001  | 0,001 | 0,001 |                    |
| 2003       | 1    | 13,00  | 7,91  | 0,60   | 0,51  |                    | 2003       | 1    | 0,16  | 0,09   | 0,31  | 0,16  |                    |
| 2003       | 2    | 47,47  | 11,54 | 34,20  | 13,69 |                    | 2003       | 2    | 0,39  | 0,27   | 0,36  | 0,23  |                    |
| Mittelwert |      | 16,22  | 5,09  | 11,28  | 4,88  |                    | Mittelwert |      | 0,24  | 0,22   | 0,23  | 0,20  |                    |

Die am häufigsten vorgefundene Taxa bei Ganzpflanzenernten von 2000 bis 2003 waren Thripse mit einer mittleren Dichte von  $38,68 \pm 35,11$  Thripsen/Pflanze. Blattläuse mit einer mittleren Abundanz von  $16,48 \pm 23,56$  Individuen/Pflanze bildeten das zweithäufigste Taxon (Tab. 15). Die z. T. hohen Standardabweichungen ergaben sich aus dem stark differierenden Auftreten der jeweiligen Indikatorgruppe zwischen den Untersuchungsjahren aber auch in der sehr unterschiedlichen Abundanz innerhalb eines Jahres (mehrere Termine). Insgesamt wurden elf Ganzpflanzenernten durchgeführt.

**Tab. 15: Mittlere Anzahl der „Top 10“-Taxa pro Maispflanze aller Ganzpflanzenernten von 2000 - 2003**  
n = 11.

| Taxa              | Mittelwert | S.D.  |
|-------------------|------------|-------|
| Thysanoptera      | 38,68      | 35,11 |
| Aphididae         | 16,48      | 23,56 |
| Aphididae, Mumien | 1,75       | 2,57  |
| <i>Orius</i> spp. | 1,55       | 1,69  |
| Araneae           | 0,71       | 0,50  |
| Latridiidae       | 0,50       | 0,71  |
| Brachycera        | 0,44       | 0,25  |
| Staphylinidae     | 0,19       | 0,16  |
| Syrphidae, Larven | 0,18       | 0,34  |
| Cicadina          | 0,18       | 0,18  |

Bei der einmaligen qualitativen Auswertung der Thripse an Ganzpflanzen im Jahr 2002 konnte ein Überblick der Gattungen sowie deren Abundanzen gewonnen werden (Tab. 16). Dabei konnten die Gattungen *Frankliniella*, *Limothrips* und *Haplothrips* bestimmt werden. In drei von vier Versuchsflächen (Feld 1 KV und BT, Feld 2 BT) wurde die Gattung *Limothrips* am häufigsten vorgefunden.

**Tab. 16: Thrips - Gattungen an Maispflanzen bei Ganzpflanzenernten im Jahr 2002**  
20 Individuen jeweils einer Variante (randomisiert entnommen).

| Gattung (Anzahl/Stichprobe) | Feld 1 |    | Feld 2 |    |
|-----------------------------|--------|----|--------|----|
|                             | BT     | KV | BT     | KV |
| <i>Frankliniella</i>        | 7      | 5  | 6      | 2  |
| <i>Limothrips</i>           | 9      | 8  | 13     | 7  |
| <i>Haplothrips</i>          | 4      | 7  | 1      | 11 |

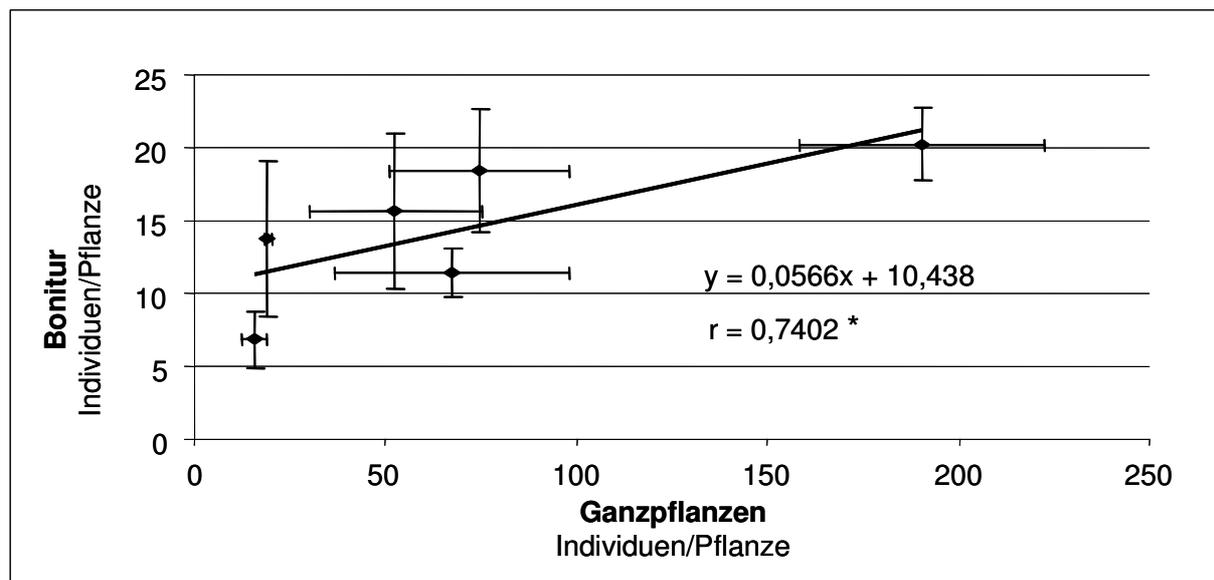
Die größten Unterschiede zwischen der BT- und KV-Fläche sind auf Feld 2 des Jahres 2002 zu erkennen. *Haplothrips* wurde von 20 Entnahmen elfmal in der KV-Variante gefunden und einmal in der BT-Variante. *Limothrips* hingegen wurde 13 mal aus der BT-Probe gezogen und

siebenmal aus der KV-Probe. Von den 20 Entnahmen wurde *Frankliniella* sechsmal aus der BT- und zweimal aus der KV-Probe gezogen.

#### 4.2.1. Vergleich Bonitur - Ganzpflanzenernte

Für einen Vergleich der Methoden Bonitur und Ganzpflanzenernte wurden die Daten der Untersuchungsjahre 2002 – 2003 herangezogen, da diese Erhebungen zu identischen Probeterminen stattfanden. In den Untersuchungsjahren 2000 – 2001 lagen die Termine der zu vergleichenden Bonituren und Ganzpflanzenernten z. T. zwei Tage auseinander. Es wurde die mittlere Anzahl aller Arthropoden pro Pflanze (Abb. 16) sowie die mittlere Anzahl ausgewählter Indikatortaxa (siehe 4.1.1.) pro Pflanze (Thripse, Wanzen, Blattläuse sowie Marienkäfer und Schwebfliegen als Prädatoren der Blattläuse) beider Methoden miteinander verglichen (Tab. 17).

Die Anzahl aller Arthropoden pro Pflanze war bei der Ganzpflanzenernte verglichen mit der Bonitur jedesmal höher. Dies resultierte hauptsächlich aus der größeren Dichte der Thripse bei jeder Ganzpflanzenernte, aber auch Wanzen und Blattläuse wurden bei der Ganzpflanzenernte genauer erfasst.



**Abb. 16: Vergleich der Methoden Bonitur und Ganzpflanzenernte anhand der mittleren Gesamtarthropodenzahl pro Maispflanze in den Jahren 2002 - 2003**  
 n = 6, \* = Signifikanz (P < 0,05, Wilcoxon zweiseitig).

Mit Ausnahme der Blattläuse konnte bei allen Indikatortaxa ein hoher Korrelationskoeffizient errechnet werden. Die Regression beschreibt das Verhältnis der quantitativen Erfassung zwischen Ganzpflanzenernte und Bonitur. So wurden bei einer Bonitur z. B. weniger Wanzen erfasst als bei einer Ganzpflanzenernte, und zwar mit einem Faktor von 0,69. Der hohe Korrelationskoeffizient (r) von 0,988 sichert dieses Verhältnis. (Tab. 17).

**Tab. 17: Regressionen und Korrelationskoeffizienten der Beziehung zwischen Ganzpflanzenernten (x) und Bonituren (y) am Beispiel ausgewählter Indikatortaxa an Maispflanzen der Jahre 2002 - 2003**

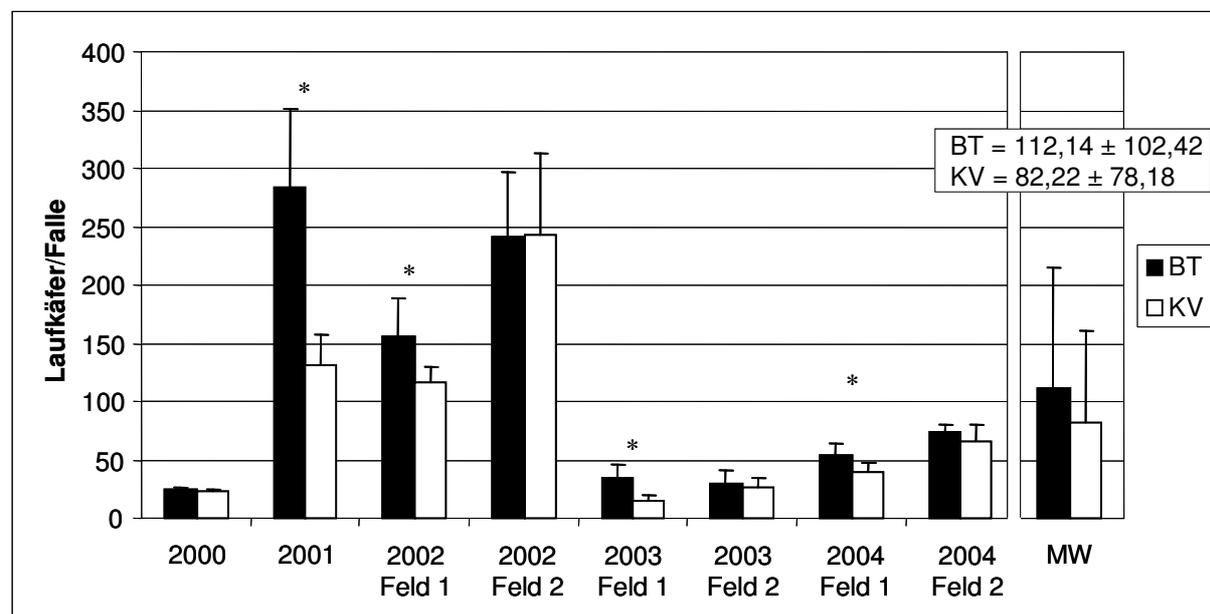
\* = Signifikanz ( $P < 0,05$ , Wilcoxon zweiseitig)

| Taxa          | Ganzpflanzen (x) |       | Bonitur (y) |      | Regression             | Korrelationskoeffizient | Sig. (P < 0,05) |
|---------------|------------------|-------|-------------|------|------------------------|-------------------------|-----------------|
|               | MW               | S.D.  | MW          | S.D. |                        |                         |                 |
| Thysanoptera  | 51,64            | 15,17 | 2,38        | 1,07 | $y = 0,0386x + 0,3837$ | $r = 0,969$             | *               |
| Heteroptera   | 2,34             | 0,66  | 1,64        | 0,53 | $y = 0,6881x + 0,0295$ | $r = 0,988$             | *               |
| Aphididae     | 8,24             | 2,10  | 1,01        | 1,33 | $y = 0,0226x + 0,8252$ | $r = 0,453$             |                 |
| Coccinellidae | 0,37             | 0,13  | 0,27        | 0,09 | $y = 0,5618x + 0,0607$ | $r = 0,964$             | *               |
| Syrphiden     | 0,02             | 0,01  | 0,04        | 0,01 | $y = 0,85x + 0,02$     | $r = 0,757$             | *               |

### 4.3. Bodenfallenfänge

#### 4.3.1. Carabidae (Laufkäfer)

In den fünf Untersuchungsjahren wurden auf acht Standorten im Oderbruch insgesamt 52.474 Laufkäfer erfasst und bis auf Artniveau determiniert. Davon kamen 30.538 Individuen auf den BT-Flächen und 21.936 Individuen auf den KV-Flächen vor. Es konnten 75 Spezies nachgewiesen werden.



**Abb. 17: Mittlere Anzahl der Laufkäfer pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche in Maisfeldern in den Jahren 2000 - 2004 sowie der gemittelte Wert aller Jahre**

MW = Mittelwert, 2000 - 2002: n = 10; 2002 - 2004: n = 6; Sig.: \* =  $P < 0,05$  (Wilcoxon zweiseitig).

In allen Untersuchungsjahren und allen Untersuchungsflächen, mit Ausnahme 2002, Feld 2, war die Anzahl der Laufkäfer pro Falle und Woche auf der BT-Fläche größer. Dieser Unterschied war im Jahr 2001 sowie in den Jahren 2002, 2003 und 2004 jeweils auf Feld 1 signifikant:

2001 Feld 1 BT: 283,53 ± 67,14 Laufkäfer/Falle, KV: 130,95 ± 26,08 Laufkäfer/Falle;

2002 Feld 1 BT: 155,45 ± 33,21 Laufkäfer/Falle, KV: 115,68 ± 13,35 Laufkäfer/Falle;

2003 Feld 1 BT: 33,63 ± 12,69 Laufkäfer/Falle, KV: 14,88 ± 4,45 Laufkäfer/Falle;

2004 Feld 1 BT: 54,63 ± 8,64 Laufkäfer/Falle, KV: 39,17 ± 8,70 Laufkäfer/Falle.

Dementsprechend wurden im Mittel aller Jahre höhere Aktivitätsdichten der Laufkäfer auf der BT-Fläche (112,14 ± 102,42) im Vergleich zur KV-Fläche (82,22 ± 78,18) festgestellt, jedoch ohne signifikanten Unterschied (Abb. 17).

**Tab. 18: Mittlere Anzahl der „Top 10“-Laufkäferarten pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche im Mittel aller untersuchten Maisflächen des Oderbruchs der Jahre 2000 - 2004**

Ind. = Individuen, S.D. = Standardabweichung, Sig. = Signifikanz, \* =  $P < 0,05$  (Wilcoxon zweiseitig).

| Art                            | Ind./Falle        | S.D.   | Ind./Falle  | S.D.  | Ind./Falle  | S.D.  | Sig.<br>( $P < 0,05$ ) |
|--------------------------------|-------------------|--------|-------------|-------|-------------|-------|------------------------|
|                                | BT & KV<br>n = 16 | n = 16 | BT<br>n = 8 | n = 8 | KV<br>n = 8 | n = 8 |                        |
| <i>Pterostichus melanarius</i> | 65,16             | 78,09  | 78,37       | 88,10 | 51,96       | 70,05 |                        |
| <i>Pseudoophonus rufipes</i>   | 18,32             | 15,44  | 19,25       | 16,09 | 17,40       | 15,80 |                        |
| <i>Poecilus cupreus</i>        | 2,61              | 3,04   | 2,94        | 3,42  | 2,27        | 2,80  |                        |
| <i>Calathus erratus</i>        | 2,52              | 6,62   | 2,75        | 7,44  | 2,29        | 6,21  |                        |
| <i>Calathus fuscipes</i>       | 2,02              | 3,51   | 2,20        | 3,94  | 1,83        | 3,29  |                        |
| <i>Carabus auratus</i>         | 1,25              | 1,78   | 1,66        | 2,30  | 0,84        | 1,05  | *                      |
| <i>Anchomenus dorsalis</i>     | 0,93              | 1,06   | 1,03        | 1,00  | 0,82        | 1,17  |                        |
| <i>Harpalus affinis</i>        | 0,75              | 0,64   | 0,84        | 0,82  | 0,66        | 0,44  |                        |
| <i>Broscus cephalotes</i>      | 0,47              | 1,84   | 0,02        | 0,06  | 0,92        | 2,60  |                        |
| <i>Calathus ambiguus</i>       | 0,35              | 0,87   | 0,24        | 0,49  | 0,46        | 1,16  |                        |

Tab. 18 zeigt, dass *Pterostichus melanarius* mit 65,16 ± 78,09 Individuen/Falle im Untersuchungszeitraum 2000 bis 2004 im Mittel aller untersuchten Maisflächen am häufigsten in den Bodenfallen vorkam. *Pseudoophonus rufipes* war mit 18,32 ± 15,44 Individuen/Falle die zweithäufigste Laufkäferart. Von den folgenden acht Laufkäferarten der „Top 10“ wurden jeweils zwischen 2,61 Individuen/Falle und 0,35 Individuen/Falle bestimmt. Im Vergleich der BT- mit der KV-Fläche war die Anzahl der acht häufigsten Laufkäferarten in den BT-Fallen jeweils höher als in den Fallen der KV-Flächen. Ein signifikanter Unterschied zwischen BT- und KV-Fallen konnte im Auftreten von *Carabus auratus* festgestellt werden (BT: 1,66 ± 2,30 Individuen/Falle, KV: 0,84 ± 1,05 Individuen/Falle). *Broscus cephalotes* und *Calathus ambiguus* kamen häufiger in den KV-Fallen vor, verglichen mit den Fallen der BT-Fläche (Tab. 18; Individuen/Falle BT verglichen mit Individuen/Falle KV). Die z.T. sehr hohen Standardabweichungen ergaben sich vor allem durch stark unterschiedliche Aktivitätsdichten der Laufkäfer in den Untersuchungsjahren.



Die in Tab. 18 dargestellten und beschriebenen Aktivitätsdichten der "Top 10"-Laufkäferarten wurden anschließend für die einzelnen Untersuchungsjahre bzw. Untersuchungsflächen errechnet. Hierbei konnten für acht Untersuchungen 15 signifikante Unterschiede im Auftreten der „Top 10“-Laufkäferarten zwischen der BT- und KV-Fläche festgestellt werden. Dabei waren 11 signifikant höhere Anzahlen des jeweiligen Laufkäfers in der BT-Fläche als in der KV-Fläche und 4 signifikant höhere Anzahlen der jeweiligen Laufkäferart in der KV-Fläche zu verzeichnen (Tab. 19).

**Tab. 20: Berechnung ökologischer Parameter anhand der Laufkäfer-Bodenfallenfänge in Maisbeständen der Jahre 2000 - 2004**

| Jahr | Feld | Jaccard'sche Zahl | Sörensen-Quotient [%] | Renkonen-Zahl [%] | Diversitätsindex |      |        | Eveness |      |        |
|------|------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------|------|--------|---------|------|--------|
|      |      |                   |                       |                   | BT               | KV   | Gesamt | BT      | KV   | Gesamt |
| 2000 | 1    | 1,24              | 55,3                  | 91,9              | 1,43             | 1,31 | 1,39   | 0,41    | 0,40 | 0,38   |
| 2001 | 1    | 1,65              | 62,3                  | 72,6              | 0,86             | 1,64 | 1,18   | 0,24    | 0,43 | 0,30   |
| 2002 | 1    | 1,53              | 60,5                  | 86,8              | 1,12             | 1,09 | 1,12   | 0,31    | 0,31 | 0,30   |
| 2003 | 1    | 0,62              | 38,1                  | 76,0              | 1,43             | 1,56 | 1,52   | 0,52    | 0,61 | 0,50   |
|      | 2    | 0,60              | 37,5                  | 76,6              | 0,63             | 1,20 | 0,94   | 0,24    | 0,40 | 0,30   |
| 2004 | 1    | 1,38              | 58,1                  | 91,1              | 1,43             | 1,51 | 1,49   | 0,42    | 0,50 | 0,43   |
|      | 2    | 0,88              | 46,9                  | 97,1              | 0,96             | 1,01 | 0,99   | 0,30    | 0,32 | 0,29   |

Bei der Berechnung der ökologischen Parameter Jaccard'sche Zahl, Sörensen-Quotient, Renkonen-Zahl, Diversitätsindex und Eveness (WETZEL, 2004) anhand der Daten der Laufkäferfänge wurde Feld 2 des Jahres 2002 nicht berücksichtigt, da hier Fallenausfälle durch Wildschweinschäden vorlagen (Tab. 20).

Die Jaccard'sche Zahl, die eine mögliche Übereinstimmung in der Artzusammensetzung angibt, lag zwischen 0,60 (2003 Feld 2) und 1,65 (2001 Feld1), d. h., bei einem Wert von 1,53 (2002 Feld 1) traten etwa eineinhalb Mal mehr gemeinsame als nicht gemeinsame Arten im Vergleich der BT- und KV-Fläche auf.

Der Sörensen-Quotient, der ebenfalls die Artidentität beschreibt, variierte zwischen 37,5 % (2003 Feld 2) und 62,3 % (2001 Feld 1).

Die Renkonen-Zahl, die die Dominanzidentität beschreibt, lag zwischen 72,6 % (2001 Feld 1) und 91,9 % (2000 Feld 1).

Der Diversitätsindex war im Vergleich BT- und KV-Fläche innerhalb eines Standortes relativ ähnlich. Ausnahmen bildeten die Standorte 2001 Feld 1 mit einem Index von 0,86 in der BT-Fläche und 1,64 in der KV-Fläche, sowie 2003 Feld 2 mit einem Index von 0,63 in der BT-Fläche und 1,20 in der KV-Fläche.

Die Diversitätsindizes spiegeln sich in den Eveness-Werten, die den Ausprägungsgrad der Diversität beschreiben, wider. So wurden auf den Standorten 2001 Feld 1 und 2003 Feld 2 deutlich geringere Eveness-Werte in der BT-Fläche erreicht als in der KV-Fläche. Dies wird

auf beiden Standorten hauptsächlich durch die eudominante Art *Pterostichus melanarius* hervorgerufen, die auf der BT-Fläche im Verhältnis zu anderen Laufkäferarten sehr häufig vorkam (Dominanz: 79,9 % bzw. 86,6 %). Diese Dominanz war auf den KV-Flächen nicht ganz so stark ausgeprägt (Anhang 2 a - c).

Von den 75 nachgewiesenen Arten konnte während der fünf Untersuchungsjahre von einigen Arten jeweils nur ein Individuum gefangen werden:

Auf den BT-Flächen: *Amara equestris*, *Amara familiaris*, *Anisodactylus binotatus*, *Clivina collaris*, *Harpalus rufipalpis*, *Leistus terminatus*. *Trechus secalis* konnte in den fünf Jahren zweimal, *Clivina fossor* dreimal auf den BT-Flächen bestimmt werden.

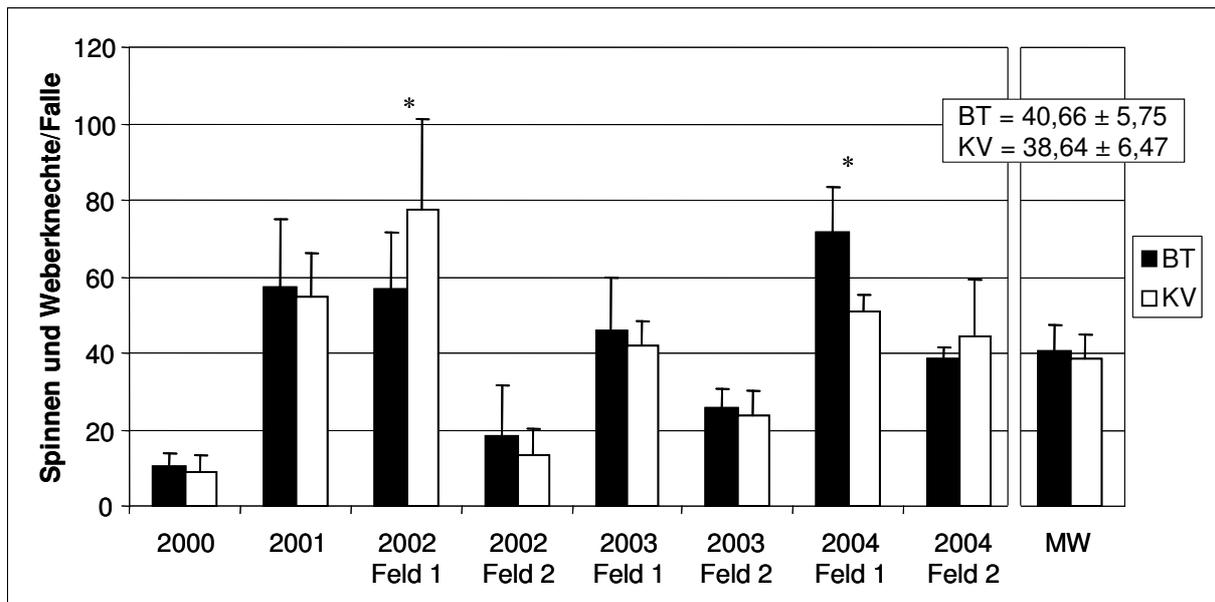
Auf den KV-Flächen kamen einmalig folgende Arten vor: *Agonum afrum*, *Amara convexuscula*, *Agonum dolens*, *Calathus cinctus*, *Dyschirius chalceus*, *Dyschirius politus*, *Harpalus latus*, *Miscodera arctica*, *Ophonus punctatulus*, *Ophonus rufibarbis*, *Oxyselaphus obscurus*.

Zwei der selten vorgefundenen Arten werden in der Roten Liste der Laufkäfer des Landes Brandenburg (SCHEFFLER et al., 1999) geführt: *Amara convexuscula* wird als gefährdet (Kategorie 3) und *Miscodera arctica* als extrem selten (Kategorie R) eingestuft. *Dolichus halensis*, welcher in der Kategorie R gelistet wird, wurde während der fünfjährigen Untersuchungen häufiger angetroffen (2000 Feld 1 BT: 4 Individuen, 2001 Feld 1 BT: 11 Individuen, 2001 Feld 1 KV: 2 Individuen, 2002 Feld 1 BT: 4 Individuen, 2002 Feld 1 KV: 5 Individuen, 2004 Feld 1 BT: 5 Individuen, 2004 Feld 2 KV: 1 Individuum). *Notiophilus aestuans* (Kategorie R) konnte im Jahr 2000 auf Feld 1 in der KV-Variante zweimal, im Jahr 2004 auf Feld 1 in der KV-Variante einmal, sowie auf Feld 2 (2004) jeweils zweimal in der BT- und KV-Variante bestimmt werden. *Ophonus azureus* (Kategorie 3) kam auf folgenden Flächen jeweils einmal vor: 2001 Feld 1 KV, 2002 Feld 2 BT und KV und 2004 Feld 1 BT. Im Jahr 2004 wurde *Ophonus azureus* auf Feld 2 zweimal in der KV-Variante, und im Jahr 2003 auf Feld 1 dreimal in der BT-Variante gefunden.

Demnach konnten zusammenfassend sowohl auf der BT- als auch der KV-Fläche als selten eingestufte Laufkäferarten gefunden werden.

#### **4.3.2. Araneae (Spinnen) und Opilionida (Weberknechte)**

In den fünf Untersuchungsjahren wurden auf acht Standorten insgesamt 24.160 Spinnen und Weberknechte erfasst und bis auf Artniveau determiniert. Davon kamen 12.194 Individuen in der BT-Fläche vor und 11.966 Individuen in der KV-Fläche. Es konnten 62 Spinnenarten aus 14 Familien nachgewiesen werden, wobei die qualitative Auswertung der Fänge des Jahres 2004 noch aussteht. Die Weberknechte wurden qualitativ nicht ausgewertet.



**Abb. 18: Mittlere Anzahl der Spinnen und Weberknechte pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche in Maisfeldern in den Jahren 2000 - 2004 sowie der gemittelte Wert aller Jahre**

MW = Mittelwert, 2000 - 2002: n = 10; 2003 - 2004: n = 6, Sig.: \* = P < 0,05 (Wilcoxon zweiseitig).

Bei sechs von acht Untersuchungen war die mittlere Anzahl an Spinnen pro Bodenfalle in der KV-Fläche geringer als in der BT-Fläche. Im Jahr 2004 zeigte sich dieser Unterschied auf Feld 1 signifikant (BT:  $71,75 \pm 11,70$  Spinnen/Falle, KV:  $50,63 \pm 4,70$  Spinnen/Falle). Bei zwei Untersuchungen blieb die mittlere Anzahl an Spinnen pro Bodenfalle in der BT-Fläche geringer als auf der KV-Fläche. Im Jahr 2002 war dieser Unterschied auf Feld 1 signifikant (BT:  $56,73 \pm 15,03$  Spinnen/Falle, KV:  $77,53 \pm 23,49$  Spinnen/Falle).

Im Mittel aller Jahre konnte kein signifikanter Unterschied im Auftreten von Spinnen zwischen der BT- und KV-Variante festgestellt werden (BT:  $40,66 \pm 5,75$  Spinnen/Falle, KV:  $38,64 \pm 6,47$  Spinnen/Falle, Abb. 18).

**Tab. 21: Mittlere Anzahl wichtiger Spinnenfamilien pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche in Maisfeldern im Mittel aller Untersuchungsflächen des Oderbruchs der Jahre 2000 - 2003**  
 S.D. = Standardabweichung, Sig. = Signifikanz,  $P < 0,05$  (Wilcoxon zweiseitig).

| <b>Familie</b> | <b>Ind./Fallen<br/>BT &amp; KV</b> | <b>S.D.<br/>n = 12</b> | <b>Ind./Fallen<br/>BT</b> | <b>S.D.<br/>n = 6</b> | <b>Ind./Fallen<br/>KV</b> | <b>S.D.<br/>n = 6</b> | <b>Sig.<br/>(<math>P &lt; 0,05</math>)</b> |
|----------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|--|
| Linyphiidae    | 35,82                              | 26,70                  | 37,67                     | 26,56                 | 33,98                     | 29,24                 |  |
| Lycosidae      | 3,90                               | 5,22                   | 3,44                      | 3,19                  | 4,37                      | 7,02                  |  |
| Gnaphosidae    | 0,10                               | 0,17                   | 0,06                      | 0,10                  | 0,13                      | 0,23                  |  |
| Tetragnathidae | 0,08                               | 0,08                   | 0,09                      | 0,09                  | 0,06                      | 0,08                  |  |
| Theridiidae    | 0,02                               | 0,02                   | 0,01                      | 0,01                  | 0,03                      | 0,03                  |  |
| Thomisidae     | 0,01                               | 0,02                   | 0,02                      | 0,03                  | 0,003                     | 0,01                  |  |
| Araneidae      | 0,01                               | 0,01                   | 0,02                      | 0,02                  | 0,003                     | 0,01                  |  |
| Salticidae     | 0,01                               | 0,02                   | 0,01                      | 0,02                  | 0,01                      | 0,02                  |  |
| Agelenidae     | 0,005                              | 0,01                   | 0,00                      | 0,01                  | 0,01                      | 0,01                  |  |
| Philodromidae  | 0,003                              | 0,01                   | 0,01                      | 0,01                  |                           |                       |  |
| Dictynidae     | 0,001                              | 0,005                  | 0,00                      | 0,01                  |                           |                       |  |
| Pisauridae     | 0,001                              | 0,005                  |                           |                       | 0,003                     | 0,01                  |  |
| Zodariidae     | 0,001                              | 0,005                  | 0,003                     | 0,01                  |                           |                       |  |
| Zoridae        | 0,001                              | 0,005                  |                           |                       | 0,003                     | 0,01                  |  |

Mit einem deutlichen Abstand zu Spinnen anderer Familien wurden die meisten Spinnen aus der Familie der Linyphiidae gefangen. Im Mittel kamen Spinnen dieser Familie häufiger auf den BT-Flächen vor. Allerdings war dieser Unterschied nicht signifikant. Zweithäufigste Familie war die Familie der Lycosidae. Spinnen dieser Familie kamen im Mittel häufiger auf den KV-Flächen vor. Aber auch hier war der Unterschied nicht signifikant. Spinnen der Familien Dictynidae, Pisauridae, Zodariidae und Zoridae wurden nur sehr selten gefunden. Im Auftreten der gefundenen Spinnenfamilien gab es zwischen BT und KV keine signifikanten Unterschiede (Tab. 21).

**Tab. 22: Mittlere Anzahl der „Top 10“-Spinnentaxa pro Bodenfalle im Zeitraum einer Woche im Mittel aller untersuchten Maisflächen des Oderbruchs der Jahre 2000 - 2003**

S.D. = Standardabweichung, W = Weibchen, M = Männchen, Sig. = Signifikanz  $P < 0,05$  (Wilcoxon zweiseitig).

| Art                              | Ind./Falle | S.D.   | Ind./Falle | S.D.  | Ind./Falle | S.D.  | Sig.<br>( $P < 0,05$ ) |
|----------------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|-------|------------------------|
|                                  | BT & KV    | n = 12 | BT         | n = 6 | KV         | n = 6 |                        |
| <i>Oedothorax apicatus</i> W     | 25,68      | 23,64  | 26,35      | 23,64 | 25,02      | 25,87 |                        |
| <i>Oedothorax apicatus</i> M     | 8,29       | 5,84   | 9,48       | 6,89  | 7,11       | 4,92  |                        |
| <i>Erigone atra</i> M            | 1,38       | 1,06   | 1,25       | 1,01  | 1,51       | 1,19  |                        |
| <i>Pardosa agrestis</i> M        | 0,97       | 1,45   | 1,08       | 1,56  | 0,86       | 1,47  |                        |
| <i>Pardosa agrestis</i> W        | 0,40       | 0,66   | 0,37       | 0,59  | 0,44       | 0,78  |                        |
| <i>Trochosa ruricola</i> M       | 0,28       | 0,22   | 0,23       | 0,17  | 0,33       | 0,26  |                        |
| <i>Erigone dentipalpis</i> M     | 0,26       | 0,31   | 0,34       | 0,39  | 0,18       | 0,22  |                        |
| <i>Meioneta rurestris</i> M      | 0,21       | 0,19   | 0,25       | 0,24  | 0,18       | 0,14  |                        |
| <i>Porhomma microphthalmum</i> W | 0,20       | 0,31   | 0,14       | 0,10  | 0,26       | 0,44  |                        |
| <i>Erigone atra</i> W            | 0,19       | 0,22   | 0,20       | 0,30  | 0,19       | 0,12  |                        |

Die mit Abstand häufigste Art war *Oedothorax apicatus* aus der Familie der Linyphiidae, wobei mehr Weibchen als Männchen vorkamen. Alle Arten der „Top 10“-Spinnentaxa gehörten den Familien der Linyphiidae (*Erigone atra*, *Erigone dentipalpis*, *Meioneta rurestris* und *Porhomma microphthalmum*) bzw. Lycosidae (*Pardosa agrestis*, *Trochosa ruricola*) an. Signifikante Unterschiede im Auftreten der „Top 10“-Spinnentaxa zwischen BT und KV konnten nicht gefunden werden (Tab. 22).

In den Jahren 2000 – 2003 wurden drei Spinnenarten gefunden, die in der Liste der in Brandenburg ausgestorbenen oder gefährdeten Spinnenarten aufgeführt sind (PLATEN et al., 1999). *Argenna partula* (Männchen), die in der Kategorie 1 (vom Aussterben bedroht) gelistet ist, wurde im Jahr 2001 auf Feld 1 in der BT-Fläche gefangen. *Haplodrassus dalmatensis* (Weibchen), die in der Kategorie 3 (gefährdet) geführt ist, kam im Jahr 2000 auf Feld 1 in der KV-Fläche vor sowie ein Männchen dieser Art im Jahr 2003 auf Feld 2 in der KV-Variante. Im Jahr 2003 konnte auf Feld 2, sowohl in der BT- als auch der KV-Variante, jeweils ein Männchen der Art *Zelotes aeneus* bestimmt werden. Diese Art wird im Land Brandenburg ebenfalls als gefährdet (Kategorie 3) eingestuft.

Die wenigen Individuen der als selten anzutreffenden Spinnenarten traten sowohl in der BT- als auch der KV-Variante auf.

**Tab. 23: Berechnung ökologischer Parameter anhand der Spinnen-Bodenfallenfänge in Maisbeständen der Jahre 2000 - 2003**

| Jahr | Feld | Jaccard'sche Zahl | Sörensen-Quotient [%] | Renkonen-Zahl [%] | Diversitätsindex |      |        | Eveness |      |        |
|------|------|-------------------|-----------------------|-------------------|------------------|------|--------|---------|------|--------|
|      |      |                   |                       |                   | BT               | KV   | Gesamt | BT      | KV   | Gesamt |
| 2000 | 1    | 1,25              | 55,6                  | 88,7              | 1,50             | 1,60 | 1,57   | 0,51    | 0,51 | 0,48   |
| 2001 | 1    | 1,00              | 50,0                  | 95,5              | 0,69             | 0,61 | 0,66   | 0,21    | 0,19 | 0,19   |
| 2002 | 1    | 1,20              | 54,5                  | 96,1              | 0,38             | 0,52 | 0,46   | 0,14    | 0,18 | 0,15   |
| 2003 | 1    | 1,83              | 64,7                  | 93,3              | 0,67             | 0,83 | 0,76   | 0,25    | 0,32 | 0,27   |
|      | 2    | 1,00              | 50,0                  | 87,6              | 0,44             | 0,77 | 0,62   | 0,18    | 0,30 | 0,23   |

Bodenfallenfänge von Feld 2 des Jahres 2002 wurden aufgrund von Fallenausfällen durch Wildschweinschäden, bei der Berechnung der ökologischen Parameter Jaccard'sche Zahl, Sörensen-Quotient, Renkonen-Zahl, Diversitätsindex und Eveness (WETZEL, 2004) nicht berücksichtigt (Tab. 23).

Die Jaccard'sche Zahl lag zwischen 1,0 (2001 Feld 1, 2003 Feld 2) und 1,83 (2003 Feld1). So wurden z. B. im Jahr 2003 auf Feld 2 acht gemeinsame Arten gefunden, und acht Arten, die nur auf der BT-Fläche oder der KV-Fläche vorkamen.

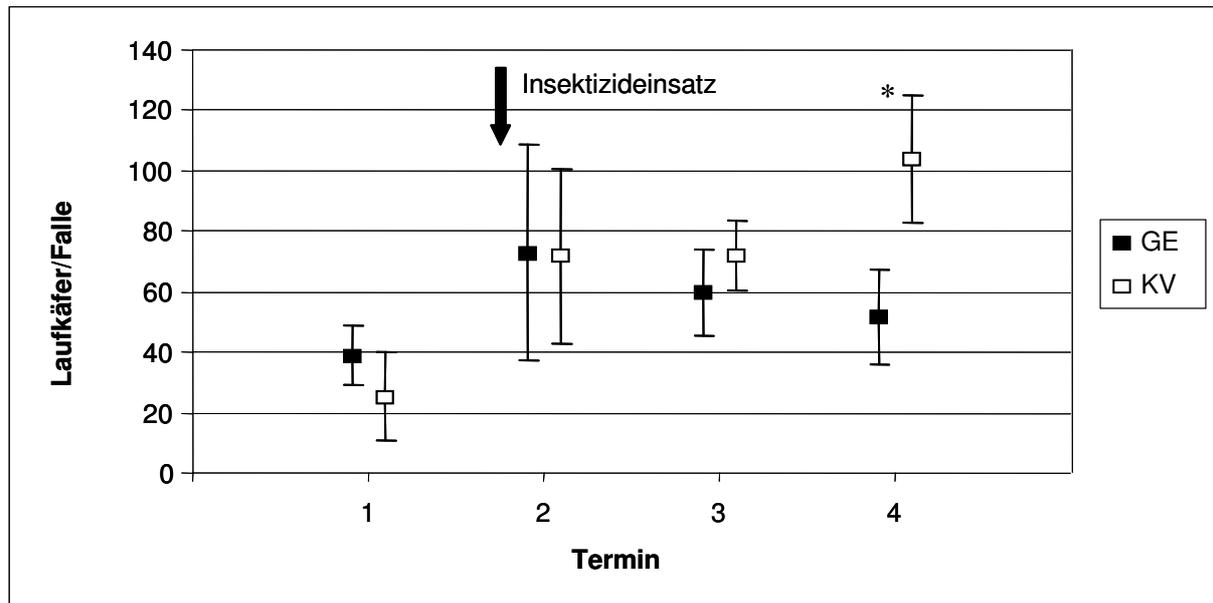
Der Sörensen-Quotient, der ebenfalls die Artidentität beschreibt, variierte zwischen 50,0 % (2001 Feld 1, 2003 Feld 2) und 64,7 % (2003 Feld 1).

Die Renkonen-Zahl lag zwischen 87,6 % (2003 Feld 2) und 95,5 % (2001 Feld 1).

Der Diversitätsindex war im Vergleich BT- und KV-Fläche innerhalb eines Standortes bis auf Feld 1 im Jahr 2001 jedes Mal auf der BT-Fläche geringer, und variierte zwischen 0,38 (2002 Feld 1 BT) und 1,60 (2000 Feld 1 KV).

Die auf nahezu allen Standorten relativ geringen Eveness-Werte in beiden Varianten erklären sich durch die eudominante Art *Oedothorax apicatus*, die im Gegensatz zu weiteren Arten sehr häufig (Dominanzen über 80 %) angetroffen wurde. Auf Feld 1 im Jahr 2000 lag die Dominanz von *Oedothorax apicatus* bei etwa 55 %, was die höheren E-Werte von 0,51 erklärt (Tab. 23, Anhang 3 a - b).

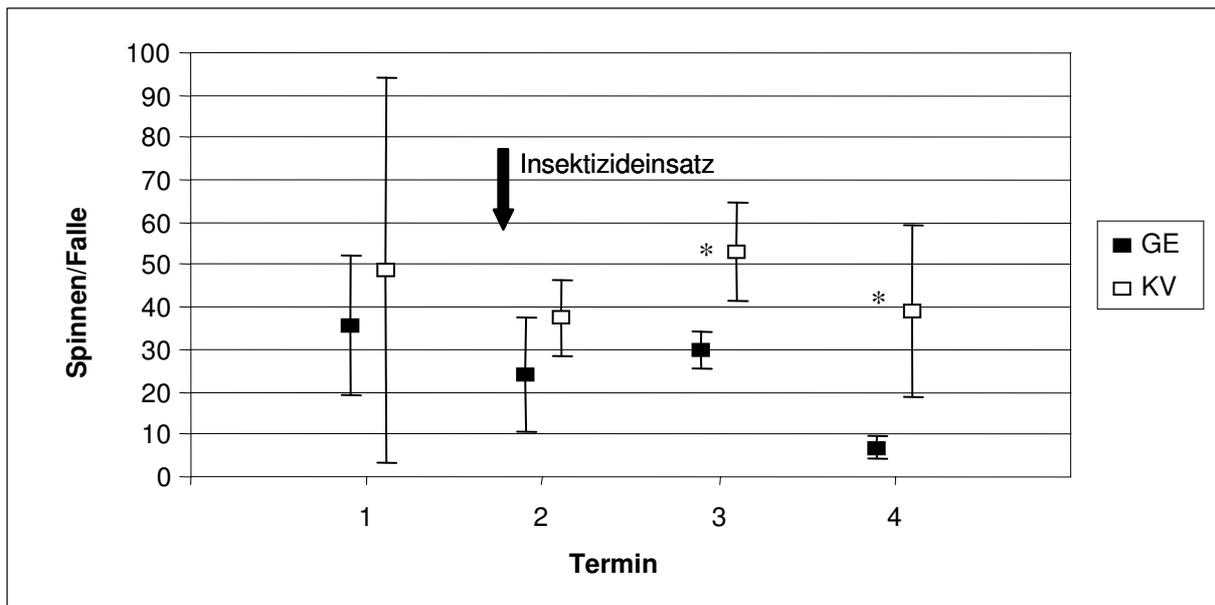
### 4.3.3. Auswirkungen des Insektizideinsatzes auf Bodenfallenfänge



**Abb. 19:** Vergleich der mittleren Anzahl der Laufkäfer pro Bodenfalle zwischen der Insektizidbehandlung (GE) und der unbehandelten konventionellen Maissorte (KV) auf Feld 2 im Jahr 2004

GE = Fläche mit einmaliger Insektizidbehandlung, Termin 1 – 4 = wöchentlicher Leerungstermin, \* =  $P < 0,05$ , ( $n = 6$ ).

Einen Tag bevor die zweite Woche der Bodenfallenfänge abgeschlossen wurde, erfolgte ein Insektizideinsatz (06.07.2004) auf Fläche GE. Sechs Tage vorher, am ersten Leerungstermin, wurden mehr Laufkäfer auf der Fläche GE gefangen (GE:  $39,00 \pm 9,84$  Laufkäfer/Falle, KV:  $25,55 \pm 14,54$  Laufkäfer/Falle). Zum zweiten Termin war die Anzahl der gefangenen Laufkäfer pro Falle auf beiden Flächen etwa gleich groß (GE:  $73,00 \pm 35,47$  Laufkäfer/Falle KV:  $71,83 \pm 29,02$  Laufkäfer/Falle). Eine Woche nach der Ausbringung wurden mehr Individuen auf der nicht behandelten Fläche (KV) gefangen (GE:  $60,00 \pm 14,31$  Laufkäfer/Falle, KV:  $71,83 \pm 11,65$  Laufkäfer/Falle). Dieser Unterschied war zwei Wochen nach Applikation sogar signifikant größer (GE:  $51,67 \pm 15,71$  Laufkäfer/Falle, KV:  $104,00 \pm 21,23$  Laufkäfer/Falle, obwohl z. T. hohe Standardabweichungen zu verzeichnen waren (Abb. 19).



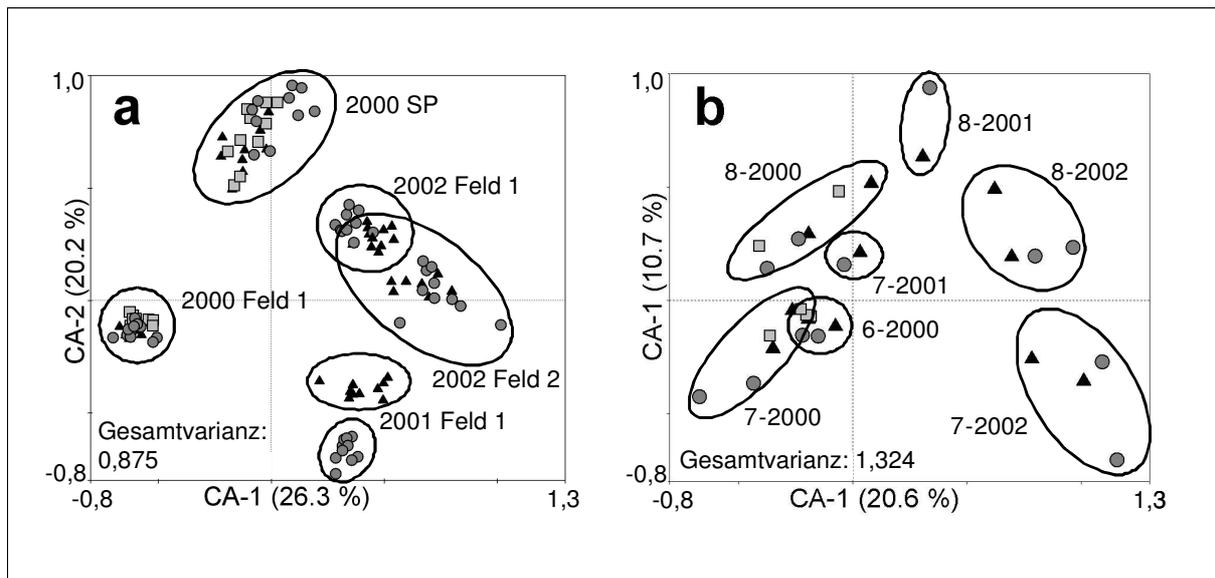
**Abb. 20: Vergleich der mittleren Anzahl der Spinnen pro Bodenfalle zwischen der Insektizidbehandlung (GE) und der unbehandelten konventionellen Maissorte (KV) auf Feld 2 im Jahr 2004**

GE = Fläche mit einmaliger Insektizidbehandlung, Termin 1 – 4 = wöchentlicher Leerungstermin, \* =  $P < 0,05$ , (n = 6).

Während des kompletten Untersuchungszeitraumes von vier Wochen wurden auf der Fläche GE an jedem Termin, also vor und nach der chemischen Applikation (06.07.2004, kurz vor dem zweiten Bodenfallentermin), weniger Spinnen gefangen als auf der unbehandelten Fläche (KV). Dieser Unterschied war in der ersten und zweiten Woche nach Applikation sogar signifikant (Termin 3: GE:  $30,00 \pm 4,38$  Spinnen/Falle, KV:  $53,00 \pm 11,64$  Spinnen/Falle; Termin 4: GE:  $7,00 \pm 2,45$  Spinnen/Falle, KV:  $39,0 \pm 20,29$  Spinnen/Falle), obwohl, wie bei der Auswertung der Laufkäferfänge, z. T. hohe Standardabweichungen errechnet wurden (Abb. 20).

#### 4.3.4. CANOCO-Analysen

Im Weiteren wurden Korrespondenzanalysen der Daten zu den Bodenfallenfängen und Ganzpflanzenernten hinsichtlich der Artgemeinschaften durchgeführt. In die Analysen flossen zusätzlich die Daten der Jahre 2000 – 2002 (siehe 3.11.) ein. Außerdem wurde zwischen den unterschiedlichen konventionellen Sorten unterschieden, so dass konventionelle Sorten (KV) und die entsprechende korrespondierende, nicht transformierte Linie zum *Bt*-Mais (isogene Sorte, IS) getrennt voneinander betrachtet wurden.

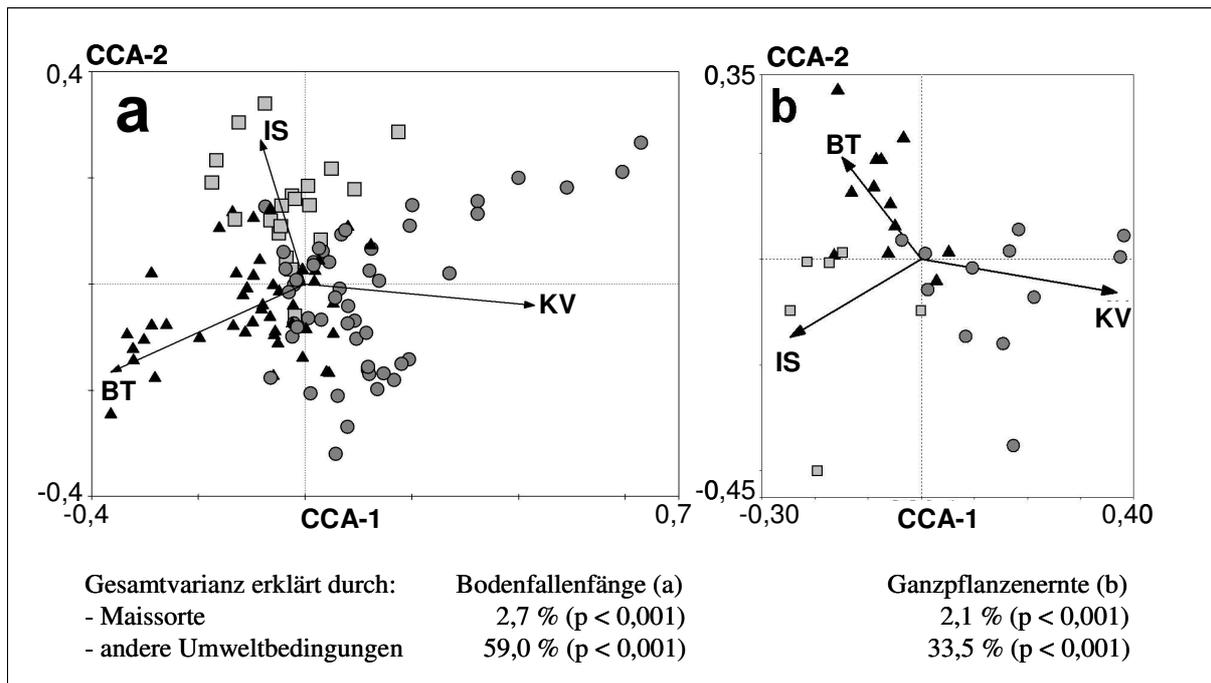


**Abb. 21: Ordination der räumlichen und zeitlichen Probeeinheiten von Maisflächen der Jahre 2000 - 2002** Bodenfallen (a) und Ganzpflanzenernten (b, ein Symbol repräsentiert den Mittelwert von Pflanzen eines Feldes zu einem Beprobungstermin). BT – schwarze Dreiecke, KV – graue Kreise, IS – hellgraue Quadrate, SP = Spickendorf. Bodenfallendaten (a) mit demselben Standort und Ganzpflanzendaten (b) mit demselben Beprobungstermin (m-yyyy) sind eingekreist.

Abb. 21 zeigt die Ordination der Bodenfallen (a) und der Ganzpflanzenernte (b) wobei als Umweltfaktoren das Untersuchungsjahr, der Beprobungstermin, der Standort und die Sorten berücksichtigt wurden.

Die Gesamtvarianz der Daten der Bodenfallen betrug 0,875, davon wurden 59 % durch die Umweltvariablen Untersuchungsjahr und Standort erklärt. Die erste Achse (x) erklärt dabei 26,3 % der Varianz, die zweite Achse (y) 20,2 %. Der Einfluss der Umweltvariablen war in allen Fällen hochsignifikant ( $p < 0,0001$ ).

Die Gesamtvarianz der Daten der Ganzpflanzenernte (b) betrug 1,324. 33,5 % der Gesamtvarianz konnte durch das Untersuchungsjahr, den Beprobungstermin und den Standort erklärt werden (Signifikanzniveau 0,001). Die 1. Achse (x) erklärt 20,6 %, die 2. Achse (y) 10,7 % der Gesamtvarianz.



**Abb. 22: Partielle Ordination von Probeinheiten, um den Einfluss der Maissorte auf die Artenzusammensetzung zu zeigen**

Daten der Bodenfallenfänge sind in a), Daten der Ganzpflanzenernte sind in b) (ein Symbol repräsentiert den Mittelwert von Pflanzen eines Feldes zu einem Beprobungstermin) dargestellt. BT – schwarze Dreiecke, KV – graue Kreise, IS – hellgraue Quadrate.

Abb. 22 a zeigt die Ordination der Bodenfallen in einer CCA (Kanonischen Korrespondenzanalyse), wobei hier die Umweltfaktoren Untersuchungsjahr und Standort herausgerechnet (partialisiert) wurden und nur der Einfluss der Sorten (BT, IS, KV) dargestellt ist.

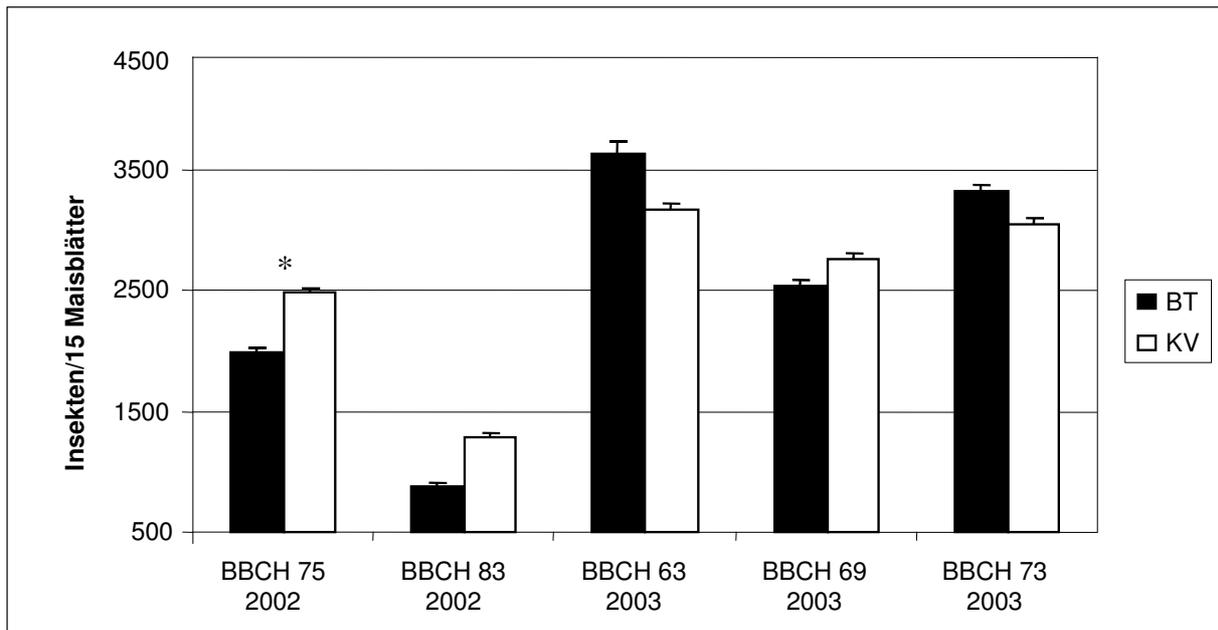
Der Einfluss der Sorten auf die Artenzusammensetzung erklärte 2,7 % der Gesamtvarianz. Der Einfluss der Sorten war in allen Fällen hochsignifikant ( $p < 0,0001$ ).

Abb. 22 b zeigt die Ordination der Ganzpflanzenernten nach Ausschluss der Faktoren Untersuchungsjahr, Probenstermin und Standort. Als beschreibende Umweltparameter wurden nur die Sorten eingesetzt.

2,1 % der Gesamtvarianz konnten mit der Sorte (BT, IS, KV) erklärt werden ( $P = 0,001$ ). 64,4 % der Gesamtvarianz ließen sich keinem der Einflussfaktoren zuordnen.

#### 4.4. Wahlverhalten von (Flug-)insekten

In den Jahren 2002 und 2003 wurden in insgesamt fünf Untersuchungen zum Wahlverhalten 25.169 Arthropoden quantitativ erhoben. Die Fänge umfassten 12.388 Individuen in der BT-Fläche vor und 12.781 Individuen in der KV-Fläche. Die Auswertung der Daten aus dem Jahr 2004 steht noch aus.



**Abb. 23: Wahlverhalten von (Flug-)insekten an Maisblättern in den Jahren 2002 - 2003**

\* =  $P < 0,05$ , ( $n = 15$ ).

Im Jahr 2002 waren in beiden Versuchen mehr Arthropoden in der KV-Fläche zu finden als in der BT-Fläche. Im ersten Versuch war dieser Unterschied signifikant. Im Jahr 2003 war die Anzahl an Arthropoden im ersten und dritten Versuch in der BT-Fläche höher, im zweiten Versuch (BBCH 69) in der KV-Fläche. Diese Unterschiede waren nicht signifikant (Abb. 23). Die sehr geringen Standardabweichungen resultierten aus der sehr homogenen Verteilung der Arthropoden zwischen den Untersuchungspunkten.

**Tab. 24: Wahlverhalten von (Flug-)insekten unterteilt in Ordnungen und Unterordnungen an 15 Maisblättern in jeweils einer Woche (n = 15).**

| Taxon        | 2002 T2 |      |      |      | 2003 T1 |      |      |      | 2003 T2 |      |      |      | 2003 T3 |      |      |      |
|--------------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|---------|------|------|------|
|              | BT      | S.D. | KV   | S.D. |
| Diptera      | 756     | 34,7 | 1147 | 33,4 | 1222    | 38,3 | 1060 | 20,3 | 1668    | 37,0 | 1790 | 35,3 | 2589    | 45,3 | 2117 | 50,7 |
| Hymenoptera  | 36      | 1,4  | 50   | 2,6  | 299     | 8,9  | 358  | 11,0 | 366     | 7,0  | 411  | 9,8  | 504     | 13,3 | 696  | 29,3 |
| Cicadina     | 30      | 1,3  | 35   | 1,6  | 244     | 7,8  | 257  | 8,2  | 131     | 3,5  | 154  | 4,3  | 111     | 3,1  | 121  | 3,7  |
| Heteroptera  | 5       | 0,5  | 4    | 0,5  | 144     | 5,3  | 105  | 4,0  | 58      | 2,7  | 99   | 6,2  | 37      | 2,1  | 29   | 1,8  |
| Lepidoptera  | 0       | 0    | 4    | 0,6  | 0       | 0    | 1    | 0,3  | 0       | 0    | 0    | 0    | 2       | 0,4  | 3    | 0,6  |
| Coleoptera   | 23      | 1,4  | 28   | 1,6  | 65      | 2,1  | 64   | 2,1  | 27      | 1,6  | 45   | 2,6  | 40      | 1,6  | 47   | 2,7  |
| Thysanoptera | 24      | 1,3  | 13   | 0,9  | 1154    | 47,6 | 851  | 24,1 | 264     | 12,5 | 237  | 15,5 | 41      | 2,4  | 30   | 1,9  |
| Aphidina     | 4       | 0,6  | 8    | 0,9  | 509     | 16,0 | 467  | 12,8 | 35      | 2,6  | 34   | 1,9  | 1       | 0,3  | 7    | 0,7  |
| Planipennia  | 0       | 0    | 1    | 0,3  | 10      | 0,8  | 8    | 0,9  | 1       | 0,3  | 2    | 0,4  | 0       | 0    | 2    | 0,4  |
| Arthropoden  |         |      |      |      |         |      |      |      |         |      |      |      |         |      |      |      |
| Summe        | 878     | 35,5 | 1290 | 35,6 | 3647    | 87,7 | 3171 | 55,8 | 2550    | 40,4 | 2772 | 40,6 | 3325    | 51,2 | 3052 | 57,9 |

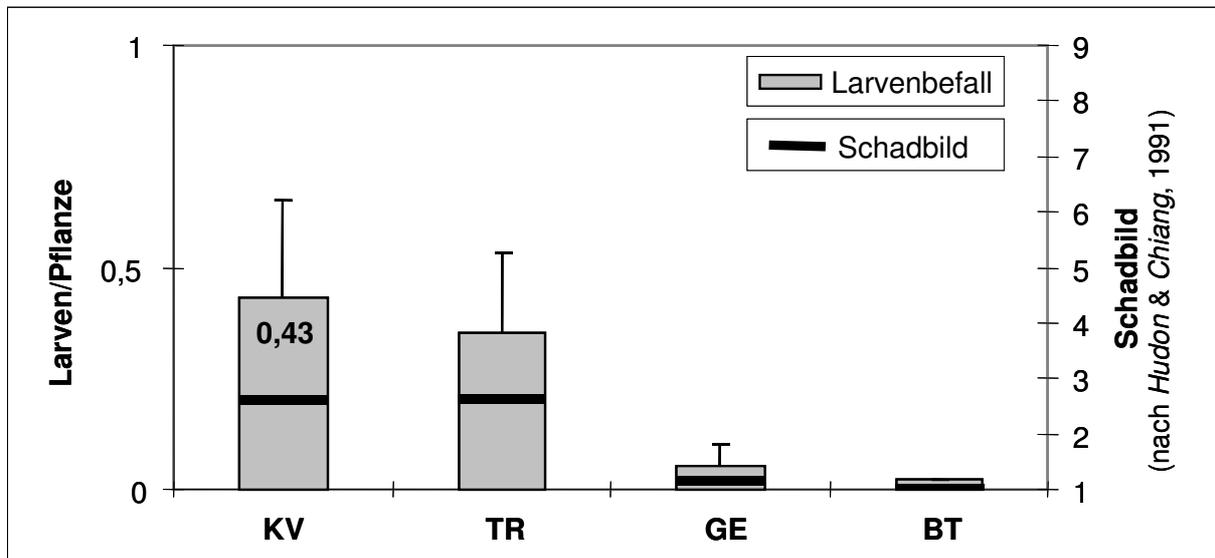
Die in Abb. 23 dargestellten Gesamtarthropodenzahlen wurden bis auf Termin 1 im Jahr 2002 bis zur Ordnung bzw. Unterordnung determiniert (Tab. 24). Es konnten keine signifikanten Unterschiede innerhalb eines Taxon festgestellt werden. Die relativ geringen Standardabweichungen zeigten eine homogene Verteilung der jeweiligen Taxa zwischen den einzelnen Untersuchungspunkten.

#### 4.5. Maiszünsler - Befallsbonituren

Der Maiszünslerbefall war in den Untersuchungsjahren nicht sehr unterschiedlich. So wurde im Jahr 2004 eine etwas größere Anzahl an Larven (Mittelwert der konventionellen Flächen von Feld 1 und Feld 2:  $0,66 \pm 0,15$  Larven/Pflanze) in den untersuchten Pflanzen gefunden als in den zwei Jahren zuvor (2002:  $0,33 \pm 0,15$  Larven/Pflanze; 2003:  $0,32 \pm 0,22$  Larven/Pflanze). Trotz des höheren Larvenbefalls im Jahr 2004 konnte, verglichen mit den zwei Jahren zuvor, kein größerer Schaden im Feld festgestellt werden (siehe Anhang 1). Die Pflanzen waren größtenteils nur im oberen Bereich leicht geschädigt. Im Mittel der Jahre 2002 bis 2004 wurden in der unbehandelten Fläche (KV)  $0,43 \pm 0,22$  Larven/Pflanze, in der biologischen Bekämpfungsvariante (TR)  $0,36 \pm 0,18$  Larven/Pflanze und in der chemischen Bekämpfungsvariante  $0,05 \pm 0,04$  Larven/Pflanze gefunden (Abb. 24). Die BT-Fläche wurde hinsichtlich des Maiszünslerbefalls nicht bonitiert. Es wurde ein maximaler Befall von 0,02 Larven pro Pflanze angenommen (siehe 3.7.).

Im Vergleich der Flächen untereinander konnte in jedem Jahr ein stärkeres Auftreten des Maiszünslers auf Feld 1 (Wiederholungsfläche), mit durchschnittlich  $0,56 \pm 0,17$

Larven/Pflanze, als auf Feld 2 (wechselnde Fläche), mit  $0,31 \pm 0,21$  Larven/Pflanze festgestellt werden.



**Abb. 24: Anzahl der Larven pro Pflanze sowie das Schadbild der Pflanzen in den Jahren 2002 - 2004**

TR = *Trichogramma* – Anwendung (biologische Bekämpfung), GE = Insektizidanwendung; Larvenbefall in der BT-Fläche mit 0,02 Larven/Pflanze vorausgesetzt (siehe 3.7.).

Der Großteil der Larven wurde in den Stängeln der Maispflanzen gefunden. Wie bereits oben beschrieben, war im Jahr 2004 der stärkste Befall, verglichen mit den Jahren 2002 und 2003. Zusätzlich war in diesem Jahr ein verhältnismäßig hoher Anteil an Larven in den Kolben zu verzeichnen, im Vergleich zu den vorherigen Untersuchungsjahren (Tab. 25).

**Tab. 25: Larvenbefall der Maiskolben**

TR = *Trichogramma* - Anwendung; GE = Insektizidanwendung; Larvenbefall in der BT-Fläche mit 0,02 Larven/Pflanze vorausgesetzt, ebenso der Anteil in den Kolben (siehe 3.7.).

| Feld   | Variante | 2002               |                    | 2003               |                    | 2004               |                    |
|--------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|        |          | Larven/<br>Pflanze | davon im<br>Kolben | Larven/<br>Pflanze | davon im<br>Kolben | Larven/<br>Pflanze | davon im<br>Kolben |
| Feld 1 | BT       | 0,02               | 0                  | 0,02               | 0                  | 0,02               | 0                  |
|        | TR       | 0,59               | 0,06               | 0,28               | 0,01               | 0,57               | 0,17               |
|        | KV       | 0,44               | 0,03               | 0,47               | 0,01               | 0,76               | 0,17               |
| Feld 2 | BT       | 0,02               | 0                  | 0,02               | 0                  | 0,02               | 0                  |
|        | TR       | 0,24               | 0,02               | 0,18               | 0,04               | 0,27               | 0,03               |
|        | KV       | 0,22               | 0,02               | 0,16               | 0,01               | 0,55               | 0,13               |
|        | GE       | 0,03               | 0                  | 0,02               | 0                  | 0,11               | 0,01               |

#### 4.6. Ertragsmessungen

Da die Vermutung bestand, dass sich der im Punkt 4.5. dargestellte Maiszünlerschaden auf den Frischmasseertrag von Silomais auswirkt, wurden Ertragsmessungen in den Jahren 2002 – 2004 auf den Untersuchungsflächen in der BT- und KV-Variante durchgeführt.

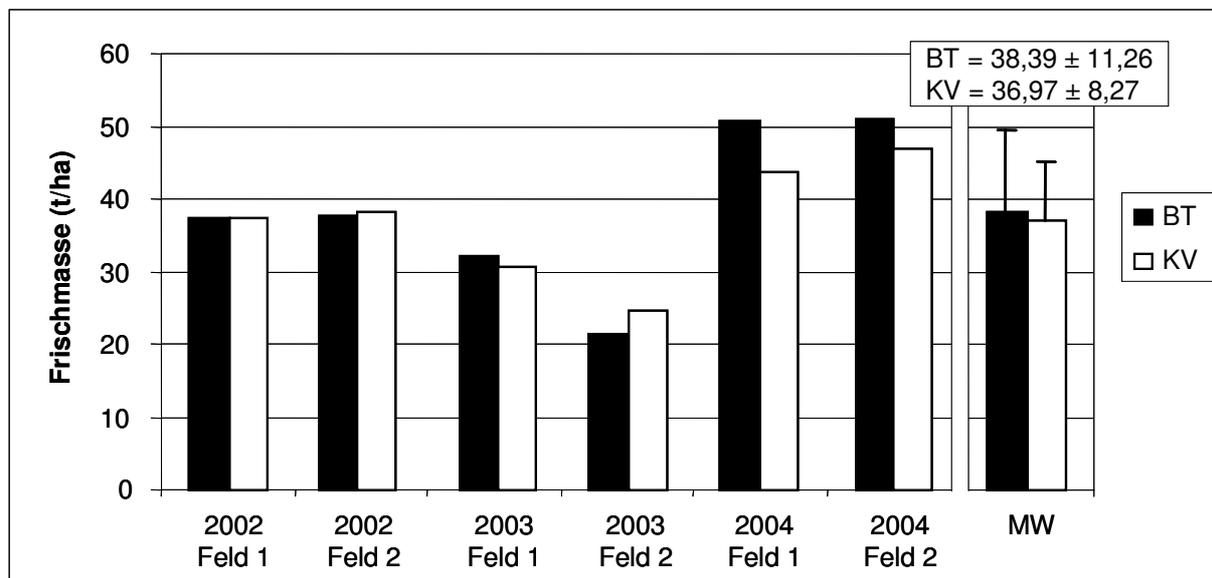


Abb. 25: Ertrag Frischmasse (t/ha) aller Maisflächen auf den Teilflächen BT und KV sowie der Mittelwert aller Jahre und Flächen

Der Ertrag im Jahr 2002 war in BT und KV auf beiden Feldern nahezu identisch (Feld 1 BT: 37,42 t/ha, KV: 37,31 t/ha; Feld 2 BT: 37,55 t/ha, KV: 38,27 t/ha). Die Sorte Flavi (nicht dargestellt), die im Jahr 2002 auf Feld 2 zusätzlich angebaut wurde, brachte einen Frischmasseertrag von 38,10 t/ha. In dieser Variante wurde eine chemische Bekämpfungsvariante durchgeführt. Im Jahr 2003 konnte ein leichtes Ertragsplus in der BT-Variante auf Feld 1 und ein Ertragsplus in der KV-Variante auf Feld 2 festgestellt werden. Der Ertrag auf der BT-Teilfläche im Jahr 2004 war sowohl auf Feld 1 als auch auf Feld 2 höher. Im Jahr 2003 verglichen mit den Jahren 2002 und 2004 wurde insgesamt ein deutlich geringerer Ertrag erzielt. Das Jahr 2004 war im Untersuchungszeitraum das ertragstärkste Jahr.

Im Mittel aller Jahre zeigte sich ein sehr geringes Ertragsplus auf der BT-Fläche (BT:  $38,39 \pm 11,26$  t/ha, KV:  $36,97 \pm 8,27$ , Abb. 25).

#### 4.7. Energie- und Qualitätsbestimmungen

Um mögliche Einflüsse des Maiszünslerschadens auf die Energie und Qualität des Erntegutes, aber auch sortenbedingte Eigenschaften zu untersuchen, wurden die Rohnährstoffgehalte und die Energiekonzentrationen der in den Jahren 2002 – 2004 angebauten Sorten analysiert (Tab. 26). Im Jahr 2002 wurde die Trockensubstanz der Proben nicht ermittelt. Daher erklären sich die nicht berechneten Standardabweichungen (Tab. 27).

**Tab. 26: Mittelwerte der Rohnährstoffgehalte und der Energiekonzentrationen des Erntematerials von Maisfeldern der Jahre 2002 - 2004**

TS = Trockensubstanz; RA = Rohasche; RP = Rohprotein; Rfa = Rohfaser; nb. RP = nutzbares Rohprotein; RNB = Ruminale Stickstoffbilanz; NEL = Nettoenergie Laktation; MER = Metabolized Energy (Rind); n.e. = nicht erfasst; Hervorgehoben sind signifikante Unterschiede ( $P < 0,05$ ), a, c = Signifikanz zwischen a und b bzw. b und c; 2002 und 2004:  $n = 5$ , 2003:  $n = 10$ .

| Jahr | Feld | Sorte           | TS<br>g/kg | RA                       | RP                       | Rfa<br>g/kg TS            | Stärke                    | nb.RP  | RNB                       | NEL (MJ)<br>kg/TS       | MER (MJ)<br>kg/TS        |
|------|------|-----------------|------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 2002 | 1    | KV1 (Lenz)      | n.e.       | <b>64,96</b>             | 75,26                    | 189,52                    | 251,51                    | 127,54 | -8,12                     | 6,40                    | 10,60                    |
|      |      | BT (MEB)        | n.e.       | <b>54,80</b>             | 79,33                    | 192,70                    | 298,54                    | 128,99 | -8,31                     | 6,43                    | 10,64                    |
|      | 2    | KV1 (Lenz) a    | n.e.       | 61,86                    | 72,53                    | 193,68                    | 260,88                    | 126,49 | -8,49                     | 6,36                    | 10,55                    |
|      |      | KV2 (Flavi) b   | n.e.       | <b>40,50<sup>a</sup></b> | <b>66,30<sup>a</sup></b> | <b>157,06<sup>a</sup></b> | <b>360,75<sup>a</sup></b> | 128,02 | <b>-10,12<sup>a</sup></b> | <b>6,59<sup>a</sup></b> | <b>10,81<sup>a</sup></b> |
|      |      | BT (MEB) c      | n.e.       | 65,14                    | 73,63                    | 205,88                    | 223,25                    | 124,56 | -8,09                     | 6,19                    | 10,32                    |
| 2003 | 1    | KV (Monumental) | <b>371</b> | 61,00                    | 67,40                    | 206,70                    | 298,60                    | 125,30 | -9,20                     | 6,35                    | 10,55                    |
|      |      | BT (MEB)        | <b>327</b> | 60,10                    | 69,80                    | 224,30                    | 282,22                    | 123,40 | -8,60                     | 6,15                    | 10,31                    |
|      | 2    | KV (Monumental) | 368        | 71,00                    | 71,30                    | 219,50                    | 164,20                    | 123,10 | -8,10                     | 6,14                    | 10,26                    |
|      |      | BT (MEB)        | 359        | 64,30                    | 82,30                    | 226,50                    | 173,89                    | 125,70 | -7,00                     | 6,10                    | 10,22                    |
| 2004 | 1    | KV (Monumental) | 383        | 51,00                    | 75,40                    | <b>207,80</b>             | 274,00                    | 128,00 | -8,40                     | 6,40                    | 10,64                    |
|      |      | BT (MEB)        | 366        | 48,60                    | 73,60                    | <b>220,60</b>             | 256,60                    | 126,20 | -8,40                     | 6,26                    | 10,48                    |
|      | 2    | KV (Monumental) | <b>343</b> | 50,40                    | 79,20                    | <b>187,00</b>             | <b>280,00</b>             | 132,40 | -8,60                     | <b>6,62</b>             | 10,94                    |
|      |      | BT (MEB)        | <b>308</b> | 51,80                    | 80,00                    | <b>203,60</b>             | <b>223,00</b>             | 129,80 | -8,00                     | <b>6,40</b>             | 10,68                    |

In den Jahren 2003 und 2004 waren die Mittelwerte der Trockensubstanz-Gehalte der Proben von den KV-Flächen höher als die Mittelwerte der BT-Proben. Signifikant waren diese Unterschiede auf Feld 1 im Jahr 2003 mit  $371 \pm 31,4$  g/kg auf der Teilfläche KV und  $327 \pm 33,4$  g/kg auf der Teilfläche BT sowie auf Feld 2 im Jahr 2004 mit  $343 \pm 7,0$  g/kg in KV und  $308 \pm 9,6$  g/kg in BT.

Die Sorte Flavi (KV2), die einmalig im Jahr 2002 auf Feld 2 angebaut wurde, wies in nahezu allen Werten der Rohnährstoffgehalte (bis auf den Wert zum nutzbaren Rohprotein) und der Energiekonzentrationen signifikante Unterschiede zu den beiden Sorten MEB (BT) und Lenz (KV) auf. Auffällig war der hohe Stärkegehalt dieser Sorte mit  $360,75 \pm 25,8$  g/kg TS. Ein ebenfalls signifikant höherer Stärkegehalt konnte im Jahr 2004 auf Feld 2 in der konventionellen Sorte verglichen mit der *Bt*-Sorte gefunden werden (BT:  $223 \pm 24,3$  g/kg, KV:  $280 \pm 29,8$  g/kg).

Signifikant höhere Rohfasergehalte wies die *Bt*-Sorte im Jahr 2004 auf Feld 1 (BT:  $220,6 \pm 16,3$  g/kg TS, KV:  $207,8 \pm 11,6$  g/kg TS) und auf Feld 2 (BT:  $203,6 \pm 8,5$  g/kg TS, KV:  $187,0 \pm 9,2$  g/kg TS) im Vergleich zur konventionellen Sorte auf.

Ein signifikanter Unterschied zwischen BT und KV in der Energiekonzentration bestand im Jahr 2004 auf Feld 2. So konnte in der konventionellen Sorte eine höhere Energiekonzentration nachgewiesen werden (BT:  $6,40 \pm 0,1$  MJ NEL/kg TS, KV:  $6,62 \pm 0,1$  MJ NEL/kg TS). Im Jahr 2002 war auf Feld 1 der Rohaschegehalt in der *Bt*-Sorte signifikant geringer als in der konventionellen Sorte (BT:  $54,80 \pm 5,5$  g/kg TS, KV:  $64,96 \pm 5,5$  g/kg TS) (Tab. 26). Die einzelnen Werte jeder Probe sind in Anhang 4 aufgeführt.

**Tab. 27: Standardabweichungen der Rohnährstoffgehalte und der Energiekonzentrationen des Erntematerials von Maisfeldern der Jahre 2002 - 2004**

n.b. = nicht berechnet, weitere Zeichenerklärung siehe Legende der Tab. 26.

| Jahr | Feld | Sorte           | TS<br>g/kg | RA    | RP   | Rfa<br>g/kg TS | Stärke<br>g/kg TS | nb.RP | RNB  | NEL (MJ)<br>kg/TS | MER (MJ)<br>kg/TS |
|------|------|-----------------|------------|-------|------|----------------|-------------------|-------|------|-------------------|-------------------|
| 2002 | 1    | KV1 (Lenz)      | n.b.       | 5,52  | 4,03 | 13,28          | 20,10             | 2,90  | 0,44 | 0,13              | 0,18              |
|      |      | BT (MEB)        | n.b.       | 5,47  | 4,45 | 22,08          | 44,78             | 3,39  | 0,52 | 0,19              | 0,28              |
|      | 2    | KV1 (Lenz)      | n.b.       | 4,16  | 2,17 | 8,58           | 17,75             | 2,00  | 0,55 | 0,12              | 0,17              |
|      |      | KV2 (Flavi)     | n.b.       | 4,40  | 3,08 | 10,08          | 25,80             | 1,89  | 0,50 | 0,14              | 0,18              |
|      |      | BT (MEB)        | n.b.       | 8,83  | 4,82 | 8,54           | 26,16             | 2,11  | 0,83 | 0,14              | 0,22              |
| 2003 | 1    | KV (Monumental) | 31,37      | 22,09 | 4,86 | 20,45          | 56,40             | 4,85  | 0,79 | 0,30              | 0,41              |
|      |      | BT (MEB)        | 33,36      | 11,98 | 6,09 | 38,27          | 64,01             | 7,11  | 1,07 | 0,46              | 0,62              |
|      | 2    | KV (Monumental) | 22,19      | 20,68 | 5,77 | 30,11          | 81,32             | 4,70  | 0,99 | 0,33              | 0,45              |
|      |      | BT (MEB)        | 55,95      | 11,75 | 9,01 | 23,57          | 92,89             | 4,55  | 1,56 | 0,28              | 0,42              |
| 2004 | 1    | KV (Monumental) | 11,01      | 13,56 | 2,61 | 11,63          | 26,39             | 2,45  | 0,55 | 0,12              | 0,21              |
|      |      | BT (MEB)        | 30,08      | 3,91  | 5,13 | 16,35          | 36,31             | 3,70  | 0,55 | 0,18              | 0,26              |
|      | 2    | KV (Monumental) | 7,05       | 7,23  | 1,30 | 9,25           | 29,79             | 1,95  | 0,55 | 0,13              | 0,19              |
|      |      | BT (MEB)        | 9,63       | 3,70  | 2,74 | 8,53           | 24,32             | 1,10  | 0,71 | 0,07              | 0,11              |

Auffällig waren die vergleichsweise hohen Standardabweichungen der Mittelwerte im Jahr 2003. Im Besonderen fielen die Standardabweichungen der Mittelwerte des Stärkegehalts auf Feld 2 im Jahr 2003 auf (Tab. 27).

#### 4.8. *Fusarium*- und Mykotoxinanalysen

Da Verletzungen des Pflanzengewebes, u. a. hervorgerufen durch den Fraß der Larven des Maiszünslers, ein vermehrtes Auftreten von *Fusarium*-Pilzen und Mykotoxinen nach sich ziehen könnte, wurden Proben des Erntematerials der Untersuchungsflächen der Jahre 2002 – 2004 auf *Fusarium*-Pilze und Mykotoxine analysiert.

Die Untersuchungen zum Auftreten von *Fusarium* ergab in den Jahren 2002 – 2004 sehr unterschiedliche Ergebnisse (Abb. 26). Im Jahr 2002 konnte auf Feld 1 ein deutlicher Unterschied im Auftreten von *Fusarium* zwischen den Varianten BT und KV festgestellt werden. Der Befall in BT lag bei 2,5 %, in KV bei 13,3 %. Die im Jahr 2002 zusätzlich angebaute Sorte Flavi (KV2) auf Feld 2 (nicht dargestellt), in der eine chemische Bekämpfungsmaßnahme durchgeführt wurde, wies einen Befall von 21 % auf. Verglichen dazu lag der *Fusarium*-Befall in der BT-Variante bei 1,7 %, in der zweiten konventionellen Sorte Lenz bei 5 %.

Im Jahr 2003 konnte ein deutlicher Unterschied zwischen BT und KV auf Feld 1 festgestellt werden. Hier wurde ein Befall von 42,5 % in BT und 68,3 % in KV ermittelt. Auf Feld 2 (2003) war ein sehr hoher Befall von 73,3 % in der BT-Variante und 74,2 % in der KV-Variante zu verzeichnen.

Der geringste Befall im dreijährigen Untersuchungszeitraum mit 1,6 % war im Jahr 2004 auf Feld 2 sowohl in KV als auch in BT. Im Mittel der Jahre lag der Befall bei 21,3 % in der BT-Variante und 27,6 % in der KV-Variante. Da bei der Ermittlung des *Fusarium*-Befalls der Proben nur eine Ja/Nein-Aussage getroffen, d. h. alle Proben auf Befall bzw. Nichtbefall untersucht wurden, erfolgten keine statistischen Tests.

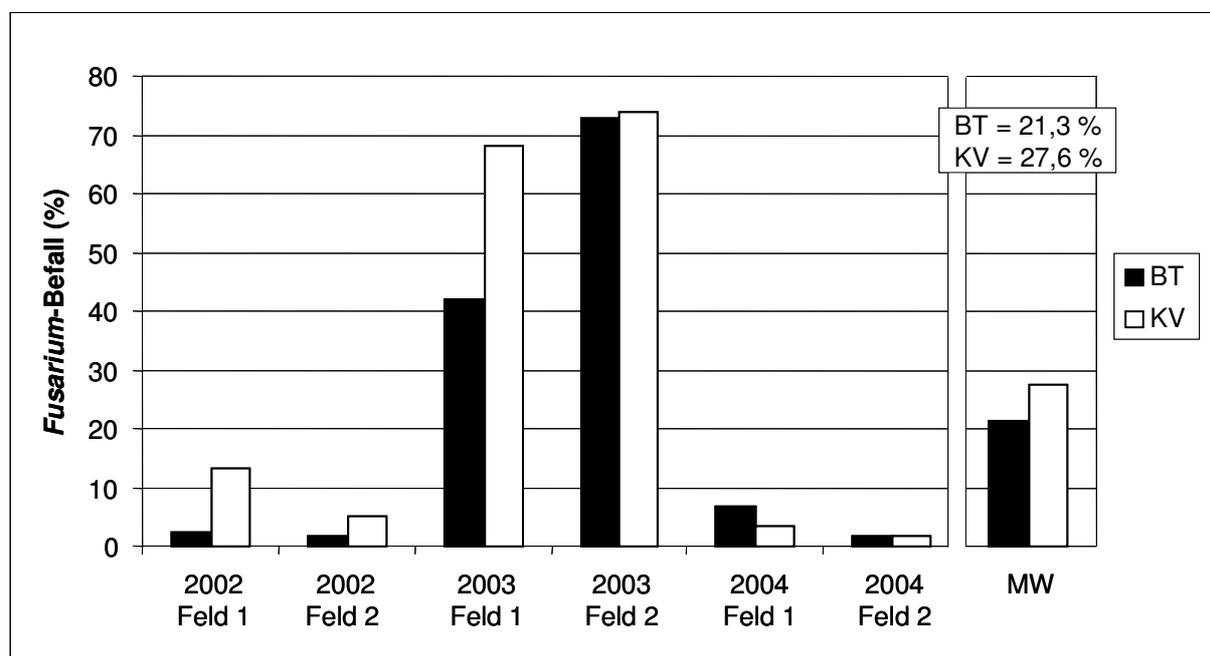


Abb. 26: *Fusarium*-Befall (%) auf Maisflächen in den Varianten BT und KV der Jahre 2003 - 2004 sowie der Mittelwert aller Jahre und Flächen  
n = 120.

#### 4.8.1. Vergleich des Stängel- und Kolbenbefalls

Fasst man die drei Untersuchungsjahre und alle Untersuchungsflächen zusammen und betrachtet das Vorkommen von *Fusarium* spp. innerhalb der Pflanze unabhängig von der Variante, so konnte kein großer Unterschied im Auftreten von *Fusarium* spp. zwischen Kolben (Befall: 11,7 %) und Stängel (Befall: 12,7 %) festgestellt werden.

Abb. 27 zeigt den Vergleich von Stängel- und Kolbenbefall innerhalb der BT und innerhalb der KV-Variante zwischen den Flächen und den Untersuchungsjahren. Im Jahr 2002 wurden in der BT-Variante weder auf Feld 1 noch auf Feld 2 befallene Stängelproben gefunden. In den folgenden Jahren war der Befall zwischen Stängel und Kolben in der BT-Variante fast gleichmäßig verteilt, was sich im Mittelwert (Befall Kolben: 10,6 %; Befall Stängel: 10,6 %) widerspiegelte. Auf der KV-Fläche zeigte sich im Mittel aller Jahre und Untersuchungsflächen ein stärkerer Befall der Stängel (Befall: 14,9 %) verglichen mit dem Kolbenbefall (Befall: 12,8 %). Der *Fusarium*-Befall in der Sorte Flavi, die im Untersuchungsjahr 2002 auf Feld 2 angebaut wurde, und in der eine Insektizidanwendung durchgeführt wurde, verteilte sich zu gleichen Teilen auf Stängel und Kolben (nicht dargestellt).

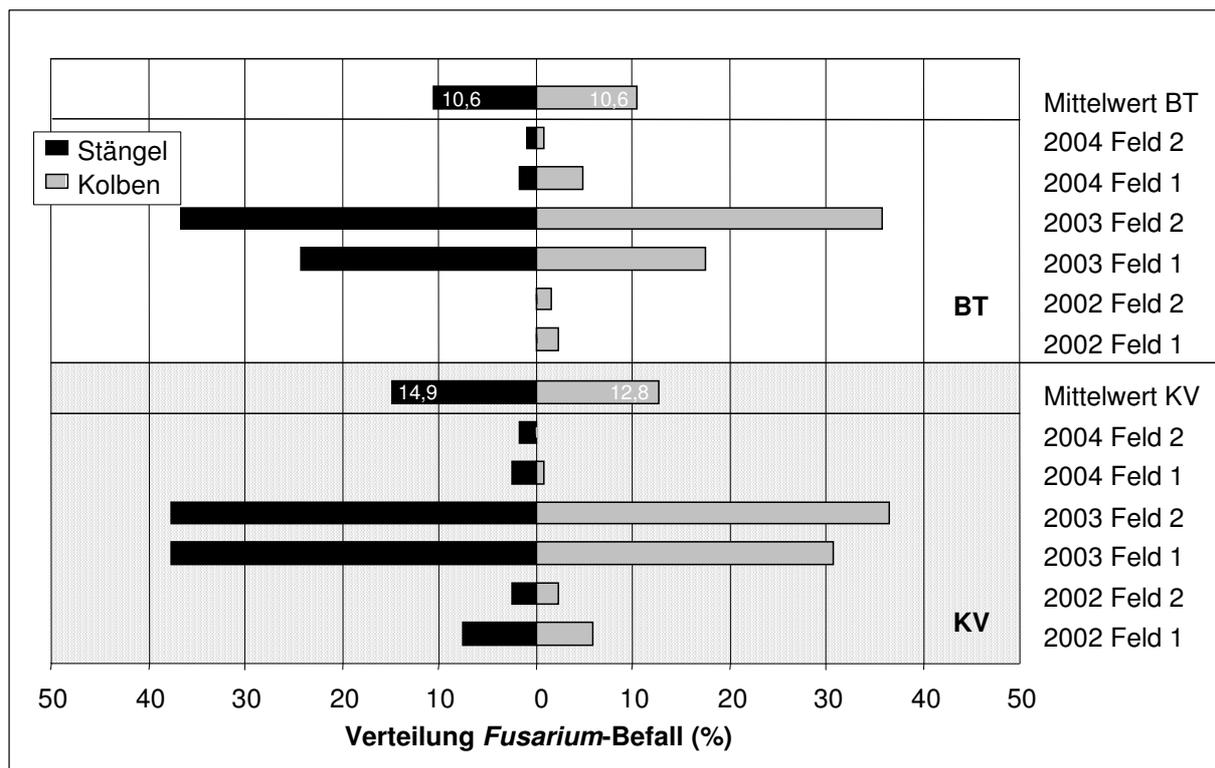


Abb. 27: Prozentuale Verteilung des Befalls mit *Fusarium* spp. zwischen Stängel und Kolben von Maispflanzen innerhalb der einzelnen Untersuchungsjahre, -flächen und -varianten (BT und KV) sowie deren Mittelwerte

n = 60.

#### 4.8.2. *Fusarium*-Artenspektrum

Der prozentuale Anteil der einzelnen *Fusarium*-Arten wurde aus der Anzahl der Art innerhalb der Probe im Verhältnis zur Probengröße einer Variante (n = 120) errechnet.

Mit 6,67 % war *F. subglutinans* die am häufigsten nachgewiesene *Fusarium*-Art im Jahr 2002 (Feld 1 KV). Auf Feld 2 lag der Befall der Proben in KV (2002) bei 1,67 %. In den BT-Varianten beider Felder (Feld 1 und Feld 2 2002) konnte kein *F. subglutinans* in den Proben nachgewiesen werden. Ebenso konnten *F. semitectum* und *F. verticilioides* im Jahr 2002 auf beiden Feldern nur in der KV-Variante (*F. semitectum*: Feld 1: 0,83 %; Feld 2: 1,67 %; *F. verticilioides*: Feld 1: 5,0 %; Feld 2: 0,83 %) festgestellt werden.

Der hohe *Fusarium*-Befall im Jahr 2003, verglichen mit den Jahren 2002 und 2004 (Abb. 26), wurde vor allem durch das starke Auftreten von *F. subglutinans* hervorgerufen. So lag der Befall der Proben mit *F. subglutinans* auf Feld 2 in beiden Varianten über 35 % (BT: 39,17 %; KV: 35,83 %), auf Feld 1 in der BT-Variante bei 28,33 %, in der KV-Variante bei 35 %. Im Jahr 2004 blieb die Befallshäufigkeit der identifizierten Arten jeweils unter einem Prozent (Tab. 28). In der Sorte Flavi, die nur im Jahr 2002 auf Feld 2 angebaut, und in der eine Insektizidanwendung durchgeführt wurde (nicht dargestellt), war *F. verticilioides* mit 9,16 % die dominierende *Fusarium*-Art.

**Tab. 28: *Fusarium*-Arten (%) auf Maisflächen der Jahre 2002 - 2004 in den Varianten BT und KV sowie ihr Mykotoxin-Bildungspotential**  
zu Mykotoxin-Bildungspotential siehe 4.8.3., n = 120.

| Arten in %                 | Mykotoxin-Bildungspotential | 2002   |      |        |       | 2003   |       |        |      | 2004   |      |        |      |
|----------------------------|-----------------------------|--------|------|--------|-------|--------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|
|                            |                             | Feld 1 |      | Feld 2 |       | Feld 1 |       | Feld 2 |      | Feld 1 |      | Feld 2 |      |
|                            |                             | BT     | KV   | BT     | KV    | BT     | KV    | BT     | KV   | BT     | KV   | BT     | KV   |
| <i>F. graminearum</i>      | DON, NIV                    |        |      |        |       | 0,83   | 4,17  | 0,83   |      | 0,83   | 0,83 |        |      |
| <i>F. semitectum</i>       | DON, NIV, ZEA               |        | 0,83 |        | 1,67  |        |       | 1,67   | 2,50 |        | 0,83 |        |      |
| <i>F. sambucinum</i>       | DON, NIV                    |        | 0,83 |        |       |        |       |        | 3,33 |        | 0,83 |        |      |
| <i>F. avenaceum</i>        | ZEA, MON                    |        |      | 0,83   | 5,00  | 9,17   |       | 1,67   |      |        |      |        |      |
| <i>F. sporotrichioides</i> | DON, NIV                    |        |      | 0,83   | 4,17  | 1,67   | 6,67  | 3,33   |      | 0,83   |      | 0,83   | 0,83 |
| <i>F. poae</i>             | DON, NIV                    |        |      |        |       |        |       |        |      | 0,83   |      | 0,83   | 0,83 |
| <i>F. proliferatum</i>     | FUM, MON                    |        |      |        | 1,67  | 13,33  | 8,33  | 11,67  |      | 0,83   | 0,83 |        |      |
| <i>F. verticilioides</i>   | ZEA, FUM                    |        | 5,00 | 0,83   |       | 5,83   | 7,50  | 8,33   |      | 0,83   |      |        |      |
| <i>F. arthrosporioides</i> | MON                         | 1,67   | 0,83 |        |       |        |       | 0,83   |      |        |      |        |      |
| <i>F. subglutinans</i>     | MON                         | 6,67   | 1,67 | 28,33  | 35,00 | 39,17  | 35,83 |        |      |        |      |        |      |
| <i>F. acuminatum</i>       | DON,NIV, MON                |        |      |        |       |        | 1,67  | 0,83   |      |        |      |        |      |
| <i>F. lateritium</i>       | ZEA                         |        |      |        |       | 0,83   | 0,83  | 0,83   |      |        |      |        |      |
| <i>F. anthophilum</i>      | FUM, MON                    |        |      | 1,67   |       |        |       | 1,67   |      |        |      |        |      |
| <i>F. dimerum</i>          | –                           |        |      |        |       | 0,83   |       |        |      |        |      |        |      |
| <i>F. spp.</i>             |                             |        |      | 3,33   | 2,50  | 2,50   | 5,83  | 1,67   | 0,83 |        |      |        |      |

### 4.8.3. Mykotoxin-Bildungspotential

Um anhand des Vorkommens von *Fusarium*-Pilzen im Feld Vorhersagen zum Vorkommen von Mykotoxinen zu treffen, wurden die *Fusarium*-Arten, die in den einzelnen Untersuchungen isoliert werden konnten, den entsprechenden Mykotoxinen zugeordnet. Dabei erfolgte die Einteilung anhand der Fähigkeit der *Fusarium*-Pilze zur Bildung von Trichothecenen, im Besonderen Deoxynivalenol (DON), Nivalenol (NIV) und Zearalenol (ZEA), von Fumonisin (FUM) und Moniliformin (MON). Die Einteilung bezog sich ausschließlich auf die in der Literatur beschriebene Fähigkeiten der Pilze, diese Mykotoxine zu produzieren (Tab. 4). Da eine *Fusarium*-Art mehrere Mykotoxine zu bilden vermag, konnte der ermittelte Wert in mehrere Mykotoxin-Bildungspotentiale einfließen (Tab. 28). Außerdem könnte ein Mykotoxin durch mehrere *Fusarium*-Arten gebildet werden. So konnten sechs der gefundenen *Fusarium*-Arten für die Bildung von DON, NIV und MON verantwortlich sein, für ZEA vier *Fusarium*-Arten und für FUM drei.

**Tab. 29: Mykotoxin-Bildungspotential von *Fusarium*-Arten (%) auf Maisflächen in den Varianten BT und KV der Jahre 2002 - 2004**

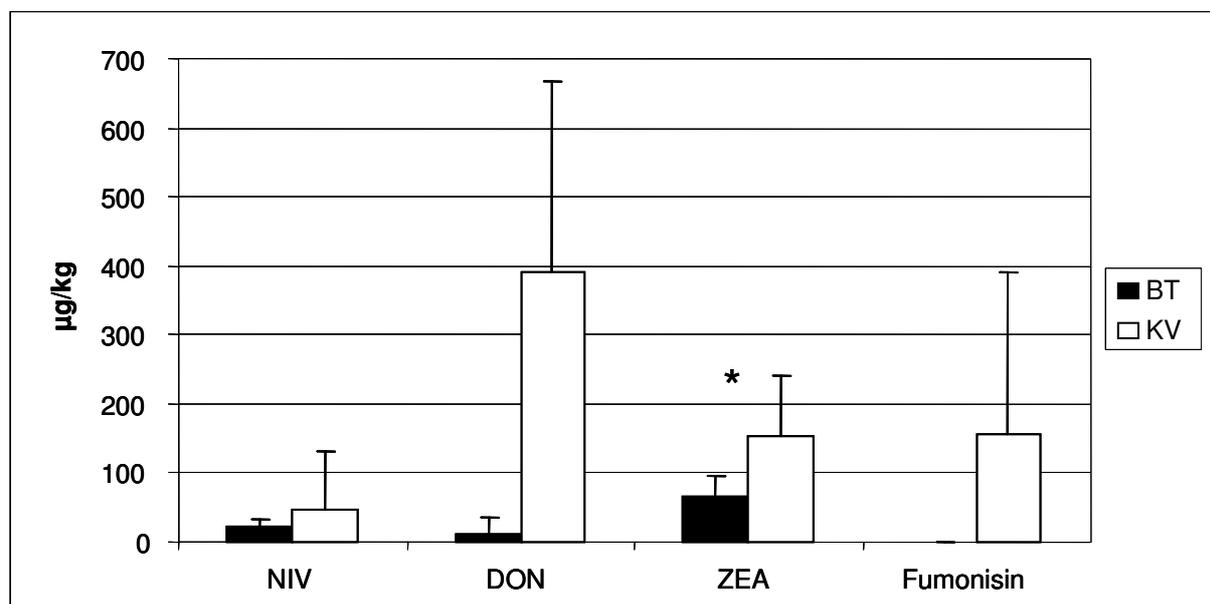
Dargestellt sind die addierten Häufigkeiten (%) der *Fusarium*-Arten.

| Mykotoxin-<br>Bildungspotential | 2002   |      |        |      | 2003   |       |        |       | 2004   |      |        |    |
|---------------------------------|--------|------|--------|------|--------|-------|--------|-------|--------|------|--------|----|
|                                 | Feld 1 |      | Feld 2 |      | Feld 1 |       | Feld 2 |       | Feld 1 |      | Feld 2 |    |
|                                 | BT     | KV   | BT     | KV   | BT     | KV    | BT     | KV    | BT     | KV   | BT     | KV |
| NIV                             | 0,83   | 0,83 | 2,50   | 4,17 | 2,50   | 14,17 | 10,83  | 4,17  | 0,83   | 1,67 | 1,67   |    |
| DON                             | 0,83   | 0,83 | 2,50   | 4,17 | 2,50   | 14,17 | 10,83  | 4,17  | 0,83   | 1,67 | 1,67   |    |
| ZEA                             |        | 5,83 | 0,83   | 2,50 | 5,00   | 15,83 | 10,00  | 13,33 | 0,83   | 0,83 |        |    |
| FUM                             |        | 5,00 | 0,83   |      | 3,33   | 19,17 | 15,83  | 21,67 | 0,83   | 1,67 |        |    |
| MON                             | 1,67   | 6,67 | 1,67   | 1,67 | 36,67  | 57,50 | 50,00  | 51,67 | 0,83   | 0,83 |        |    |

Bedingt durch den hohen *Fusarium*-Befall im Jahr 2003 (Abb. 26) wurden in diesem Jahr die größten Bildungspotentiale für Mykotoxine während des gesamten Untersuchungszeitraums erreicht (Tab. 29). Das Potential zur Bildung des Mykotoxins Moniliformin, bedingt durch das hohe Auftreten von *F. subglutinans*, war dabei am größten. Auch im Jahr 2002 erreichte das Bildungspotential für Moniliformin verglichen mit den Bildungspotentialen von Nivalenol, Deoxynivalenol, Zearalenol und Fumonisin den höchsten Wert (Feld 1 KV: 6,67 %). Fumonisin und Zearalenol hätten von 5 % (FUM) bzw. 5,83 % (ZEA) der Pilze im Jahr 2002 auf Feld 1 in der Variante KV gebildet werden können. Im Jahr 2004 erreichten die Pilze, die Nivalenol bzw. Deoxynivalenol bilden können, mit jeweils 4,17 % die höchsten Werte.

#### 4.8.4. Mykotoxinanalysen

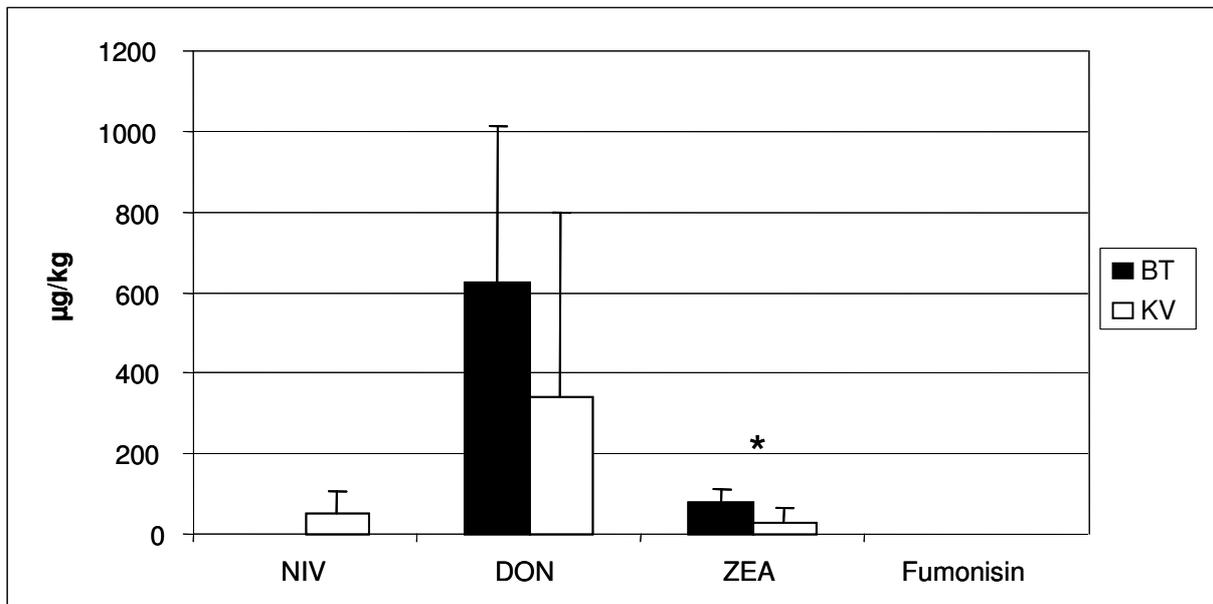
Im Vorangegangenen (4.8.3.) wurde anhand der *Fusarium*-Arten der Untersuchungsjahre 2002 – 2004 ein mögliches Mykotoxin-Bildungspotential ermittelt, um Voraussagen einer Mykotoxinbelastung zu treffen. Im Folgenden werden die analysierten Mykotoxinbelastungen der BT- und KV-Varianten dargestellt. Die Darstellung und Beschreibung erfolgte für jedes Feld und Untersuchungsjahr einzeln, da die Belastungen ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) der Untersuchungsjahre und -felder relativ stark differierten. Ebenfalls enorm unterschieden sich die Belastungen der Proben innerhalb einer Variante, wodurch sich die z. T. sehr hohen Standardabweichungen erklären.



**Abb. 28: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2002 auf Feld 1**

\* =  $P < 0,05$  (Wilcoxon – Test zweiseitig),  $n = 10$ .

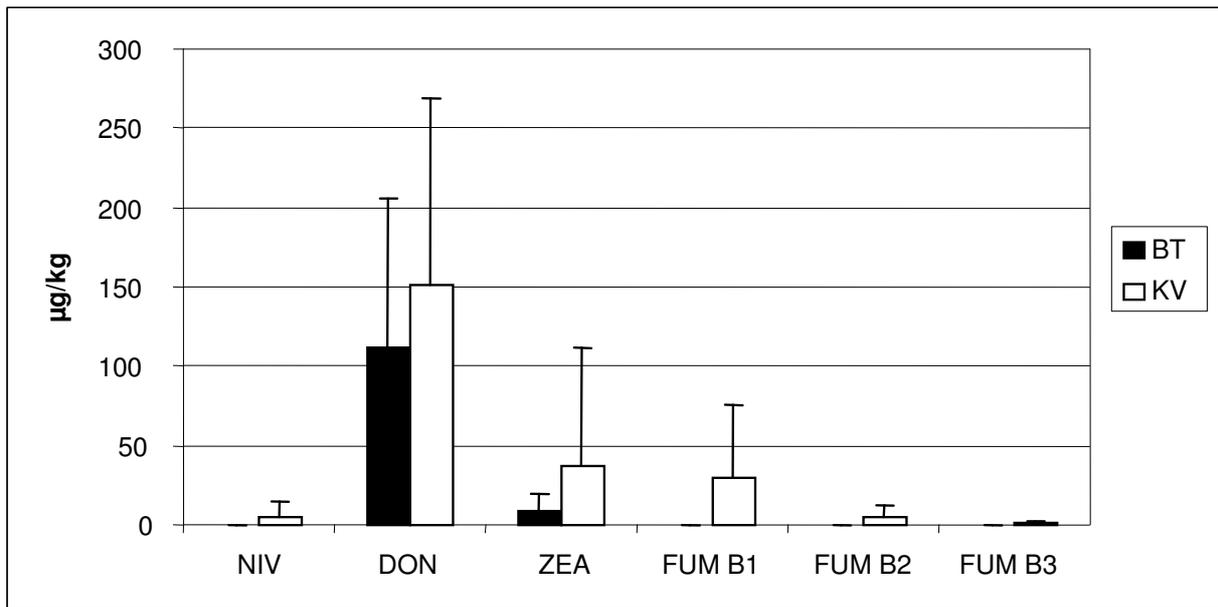
Auf Feld 1 wurden im Jahr 2002 in den Proben der konventionellen Sorte (KV) deutlich höhere Mittelwerte bei allen untersuchten Mykotoxinen gefunden als in der BT-Variante (Abb. 28). Diese Unterschiede zwischen BT und KV waren bei Zearalenol (ZEA BT:  $65,48 \pm 30,08 \mu\text{g}/\text{kg}$ , KV:  $153,83 \pm 88,12 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) signifikant, bei Nivalenol (NIV BT:  $22,16 \pm 11,61 \mu\text{g}/\text{kg}$ , KV:  $47,75 \pm 83,25 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) nicht signifikant. Die Konzentration von Fumonisin (FUM BT  $< 9 \mu\text{g}/\text{kg}$ , KV:  $259,86 \pm 235,80 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) war in allen zehn Proben der BT - Fläche  $< 9 \mu\text{g}/\text{kg}$  (entspricht 0), so dass keine Signifikanzprüfungen durchgeführt wurden. Ebenso wurden die Werte für Deoxynivalenol (DON BT:  $11,28 \pm 25,60 \mu\text{g}/\text{kg}$ , KV:  $391,48 \pm 247,60 \mu\text{g}/\text{kg}$ ) keiner Signifikanzprüfung unterzogen, da in der BT-Variante nur in zwei Proben Deoxynivalenol nachgewiesen werden konnte. Die einzelnen Werte jeder Probe ( $n = 10$ ) sind in Anhang 5 aufgeführt.



**Abb. 29: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2002 auf Feld 2**

\* =  $P < 0,05$  (Wilcoxon – Test zweiseitig),  $n = 10$ .

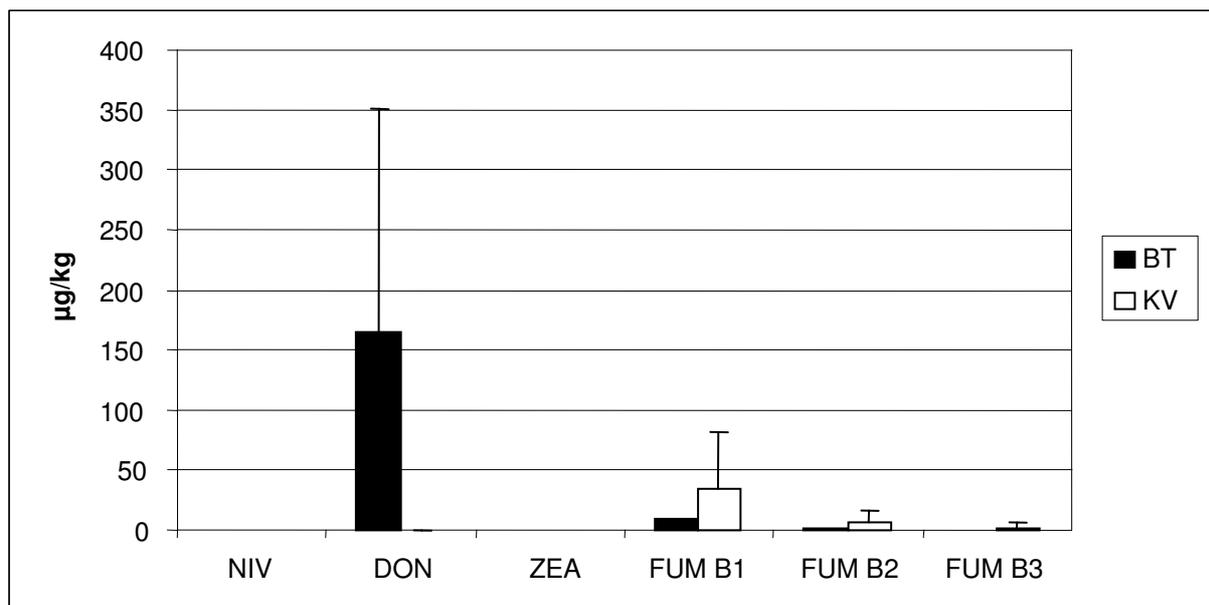
Im Jahr 2002 wurden auf Feld 2 im Mittel höhere DON- und ZEA-Werte in den Proben der BT-Sorte gefunden als in der KV-Variante. Beim Mykotoxin Zearalenol (ZEA BT:  $77,14 \pm 33,26 \mu\text{g/kg}$ , KV:  $26,85 \pm 39,66 \mu\text{g/kg}$ ) war der Unterschied zwischen BT und KV signifikant, bei Deoxynivalenol (DON BT:  $624,80 \pm 389,64 \mu\text{g/kg}$ , KV:  $340,90 \pm 456,74 \mu\text{g/kg}$ ) nicht signifikant. Nivalenol und Fumonisin konnten in keiner der 10 Proben der BT-Variante festgestellt werden. In der KV-Variante war die mittlere Belastung mit Fumonisin  $< 9 \mu\text{g/kg}$ , mit Nivalenol  $51,66 \pm 54,26 \mu\text{g/kg}$  (Abb. 29). Die Mykotoxinbelastung in der Sorte Flavi (mit chemischer Bekämpfung; nicht dargestellt) war: DON:  $588,03 \pm 467,19 \mu\text{g/kg}$ , und ZEA:  $44,52 \pm 95,79 \mu\text{g/kg}$ . NIV und FUM konnten in dieser Sorte nicht nachgewiesen werden. Die einzelnen Analysewerte ( $n = 10$ ) sind in Anhang 5 einzusehen.



**Abb. 30: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2003 auf Feld 1**

\* =  $P < 0,05$  (Wilcoxon – Test zweiseitig),  $n = 5$ .

Auf Feld 1 wurden im Jahr 2003 in den Proben der konventionellen Sorte (KV) höhere Mittelwerte bei allen untersuchten Mykotoxinen gefunden als in der BT-Variante (Abb. 30). Diese Unterschiede zwischen BT und KV waren nicht signifikant, bzw. wurden für NIV (KV:  $4,64 \pm 10,38 \mu\text{g/kg}$ ), FUM B1 (KV:  $30,28 \pm 44,77 \mu\text{g/kg}$ ), FUM B2 (KV:  $4,88 \pm 7,40 \mu\text{g/kg}$ ) und FUM B3 (KV:  $1,12 \pm 1,59 \mu\text{g/kg}$ ) nicht berechnet, da sie in keiner der fünf Proben der BT-Variante und nur in einer bzw. zwei Proben der KV-Variante vorkamen. Die Einzelwerte der Analysen ( $n = 5$ ) sind dem Anhang 6 zu entnehmen.



**Abb. 31: Mittlere Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2003 auf Feld 2**

\* =  $P < 0,05$  (Wilcoxon – Test zweiseitig),  $n = 5$ .

Im Jahr 2003 wurden auf Feld 2 in den fünf Proben der BT- bzw. KV-Variante weder Nivalenol noch Zearalenol gefunden (Abb. 31). Weiterhin konnte in der KV-Variante kein Deoxynivalenol (DON BT:  $164,90 \pm 186,14 \mu\text{g/kg}$ ) nachgewiesen werden. Signifikante Unterschiede zwischen BT und KV konnten in keinem Vergleich festgestellt werden, bzw. wurden für DON und FUM B3 nicht ermittelt, da sie nur in maximal zwei Proben nachgewiesen werden konnten (FUM B1 BT:  $10,10 \pm 7,48 \mu\text{g/kg}$ , KV:  $34,36 \pm 47,89 \mu\text{g/kg}$ ; FUM B2 BT:  $2,26 \pm 2,27 \mu\text{g/kg}$ , KV:  $5,98 \pm 9,92 \mu\text{g/kg}$ ; FUM B3 BT:  $0,22 \pm 0,49 \mu\text{g/kg}$ , KV:  $2,20 \pm 3,68 \mu\text{g/kg}$ ) Die einzelnen Analysewerte ( $n = 5$ ) sind im Anhang 6 einzusehen.

Bei einer Gesamtbetrachtung der Mykotoxinanalysen der Jahre 2002 und 2003 konnte eine stärkere Belastung der Proben der konventionellen Sorte im Vergleich zu Proben der *Bt*-Sorte ermittelt werden.

## 5. Diskussion

### 5.1. Vorzüge und Nachteile von Feld-Feld-Vergleichen

Ausgehend von der Frage, welche Auswirkungen der Anbau von *Bt*-Mais auf die ökologische Situation in einem Maiszünsler-Befallsgebiet sowie auf den Handlungsrahmen des integrierten Pflanzenschutzes in einem Betrieb nach sich ziehen könnte, wurden großflächig angelegte Feld-Feld-Versuche durchgeführt.

Methodische Grundlage der dreijährigen Untersuchungen waren die Feld-Feld-Vergleiche der BBA Kleinmachnow (KALTHOFF et al., 2001) zum Auftreten von Arthropoden in *Bt*-Mais im direkten Vergleich mit konventionellem Mais in den Jahren 2000 – 2001. Ziel war es, einen einfachen Ansatz bei Feld-Feld-Vergleichen zu erproben. Hierbei konnte u. a. statistisch abgesichert werden, dass innerhalb eines Feldes kein Gradient bezüglich Dichte und Aktivitätsdichte bei ausgewählten Taxa bestand. Für die großflächig angelegten Feld-Feld-Versuche sprach, dass Beeinflussungen der Varianten untereinander reduziert werden. Bei kleinflächigen Parzellenversuchen könnte z. B. eine höhere Sterblichkeit eines Taxon in der einen Parzelle, durch Immigration von der anliegenden Vergleichsparzelle, kompensiert werden. KENNEDY (1994) beschreibt diesbezüglich Aktivitätsradien von Carabiden. So können z. B. Laufkäfer ein etwa zehn Hektar großes Feld an zwei Tagen überqueren. Die Probepunkte wurden im Scheitel jeder Variante angelegt, um die beschriebene Beeinflussung der Varianten untereinander, aber auch Randeffekte, auszuschließen. Das Anlegen eines Rasters gestaltet sich in einem Maisfeld als äußerst schwierig. Die Probepunkte können nur vom Feldrand erreicht werden, da ein Abschreiten des Feldes quer zu den Maisreihen nahezu unmöglich ist. Das Ausrichten der Probepunkte anhand eines Rasters würde demnach den zeitlichen Aufwand extrem erhöhen. Außerdem lassen sich die in Wiederholungen beprobten Punkte innerhalb einer Linie, im Vergleich zum Raster, einfacher wiederfinden.

Die von der britischen Regierung in Auftrag gegebene Farm-Scale Evaluation (siehe Punkt 2.3.4.1.) beschreibt weitere Vorteile großangelegter Feld-Feld-Vergleiche (ROTHERY et al., 2002; PERRY et al., 2003). Diese Untersuchungen mit gleichzeitigem Anbau einer gentechnisch veränderten Sorte und einer Kontrollvariante, zeigten einerseits mögliche Unterschiede in der Handhabung beider Sorten auf, andererseits mögliche Unterschiede im Auftreten von Arthropoden im direkten Vergleich (Null Hypothese). Dabei wurden die Varianten nebeneinander auf einer Fläche angebaut (two-tailed, half-field design), um mögliche Einflüsse durch z. B. einen differierenden Bodentyp oder unterschiedliches angrenzendes Habitat zu minimieren.

Bei Feldversuchen können zusätzlich, neben den Auswirkungen, die innerhalb einer Wachstumsperiode auftreten, auch längerfristige Auswirkungen, die z. B. erst nach einem Jahr eintreten, am Ort des Eingriffs studiert werden.

Nachteilig wirkt sich allerdings das Anlegen großflächiger Feldversuche auf eine statistische Auswertung aus. Hierfür wird entweder eine möglichst große Anzahl parallel durchgeführter Feldstudien, oder ein ausreichend großer Probenumfang, also echte Wiederholungen, verlangt. Dadurch erhöht sich der Aufwand enorm. Nach FREIER et al., (1999) kann bei Feldstudien, in denen Maßnahmen, Intensitäten bzw. Konzeptionen des Pflanzenschutzes auf kurz- und langfristige ökologische Auswirkungen bewertet werden, niemals die gesamte Arthropodengesellschaft, sondern nur eine Auswahl von Bioindikatoren berücksichtigt werden. Diese Spezialisierung ermöglicht es den Probenumfang zu erhöhen, um der bei ökologischen Untersuchungen unter Feldbedingungen auftretenden hohen Streuung (BROWN, 1998) entgegenzuwirken.

Laborexperimente, die nach LÖVEI et al. (2005) nur einen Bruchteil der komplexen ökologischen Zusammenhänge erfassen, können für die Ausarbeitung von Fragestellungen bei Feldversuchen dienlich sein, indem man sich anhand der gewonnenen Ergebnisse im Labor auf bestimmte Fragestellungen im Feld konzentriert.

Die insgesamt fünfjährigen Untersuchungen im Maiszünsler-Befallsgebiet Oderbruch zeigten, vor allem vor dem Hintergrund eines zukünftigen, auf EU-Ebene geforderten Monitoringprogramms, dass die Vorteile von großangelegten Feld-Feld-Vergleichen überwiegen.

## **5.2. Bonituren und Ganzpflanzenernten**

### **5.2.1. Methodische Herangehensweise bei Bonituren und Ganzpflanzenernten**

Anhand von Bonituren und Ganzpflanzenernten konnte in den vorliegenden Untersuchungen ein guter Einblick zum Auftreten von Arthropoden in Maisfeldern gewonnen werden, um somit mögliche Auswirkungen des großflächigen Anbaus von *Bt*-Mais zu parallel angebautem konventionellen Mais unter Praxisbedingungen im Maiszünsler-Befallsgebiet Oderbruch auf Arthropodengesellschaften zu erkennen. Bei der Durchführung beider Methoden wurden Unterschiede sowie gewisse Vor- und Nachteile deutlich.

So sind Ganzpflanzenernten sehr aufwendig. Der Transport der Pflanzen muss vorbereitet und durchgeführt werden. Bei der ebenfalls aufwendigen Probennahme, dem Eintüten der Pflanzen im Feld, werden einige Fluginsekten aber auch Laufkäfer und Spinnen aufgrund ihrer schnellen Mobilität nicht erfasst. Während des Transports wird eine relativ große Anzahl von Arthropoden geschädigt und kann anschließend nicht mehr bestimmt werden. Überhaupt gestaltet sich die Determination (durch einen Spezialisten) im Labor sehr zeitaufwendig.

Die Bonituren im Feld hingegen sind einfach und relativ schnell durchzuführen. Allerdings ergibt sich hierbei der Nachteil einer ungenaueren quantitativen und qualitativen Determination vieler Arthropodengruppen. Durch eine Verringerung der Stichprobengröße

könnte man sicherlich mehr Zeit und Energie für die Bestimmung aufwenden, dies würde aber wiederum zu statistischen Ungenauigkeiten führen, und ist daher nicht ratsam. Für weitere Untersuchungen besteht die Überlegung darin, sich auf ausgewählte Taxa (Indikatoren), durch Absammeln und einer Determination im Labor, zu konzentrieren, um somit die Tiefe der Bestimmung dieser Taxa zu erhöhen. Arbeiten von HILBECK et al. (1998), JASINSKI et al. (2003), KALTHOFF et al. (2001) und PILCHER et al. (1997) unterstützen diese Überlegungen. Voraussetzung für eine Determination bis zur Art setzt eine Einarbeitung in wenige Arthropodengruppen voraus. Das Absammeln von Arthropoden für eine spätere Determination im Labor kann durch verschiedene Methoden, wie z. B. der Mitnahme von Pflanzenteilen, Gelbschalenfängen, Absaugen der Pflanzen oder Käschern (ANONYMUS 2005b) erfolgen. Bei der Auswertung der Daten der Jahre 2000 – 2004 wurde bereits ein besonderes Augenmerk auf Thripse, Wanzen, Blattläuse und deren Prädatoren als Indikatortaxa gerichtet. Schmetterlingsarten, bei denen die Vermutung nahe liegt, dass sie durch den Fraß an den *Bt*-Pflanzen am stärksten gefährdet sind, kamen sowohl als Imago als auch Larven, nicht bzw. nur selten in den untersuchten Maisfeldern vor. Es konnten lediglich einzelne Exemplare von Larven der Gammaeule (*Autographa gamma*) und des Schlehenspinners (*Orgyia antiqua*) gefunden werden. Damit belegen die Untersuchungen in Einklang mit anderen Studien in Deutschland, dass andere Nichtziel Lepidopteren in *Bt*-Maisbeständen nicht in Mitleidenschaft gezogen werden, weil sie nur vermindert auftreten. Ganz anders müssen angrenzende Feldränder bewertet werden, da in diesem Bereich deutlich mehr Nichtzielarthropoden mit dem *Bt*-Pollen in Berührung kommen können (FELKE et al., 2002, GATHMANN et al., 2003).

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die methodischen Erkenntnisse bei der Erfassung der Dichte der Indikatortaxa bzw. Diversität von taxonomischen Gruppen.

Die quantitative Ungenauigkeit der Bonituren konnte durch den statistischen Vergleich mit den Daten der Ganzpflanzenernte geprüft werden. Die extrem hohen Korrelationskoeffizienten vor allem bei Thripsen, Wanzen, Marienkäfern, Schwebfliegen sowie der Gesamtheit aller Arthropoden, sprechen für eine gute quantitative Proportionalität auf einem allerdings unterschiedlichen Zahlenniveau. So wurden stets mehr Individuen bei Ganzpflanzenernten gefunden als bei Bonituren, aber eben in einem gleichbleibenden Verhältnis.

Die Regression gibt den Faktor an, mit denen sich die beiden Methoden voneinander unterscheiden. Man bräuchte also nur noch die weniger aufwendigen Bonituren durchführen, und müsste sie mit dem entsprechenden Faktor multiplizieren, um die tatsächlichen Verhältnisse im Feld, bei ausgewählten Taxa, widerzuspiegeln. Somit bieten Bonituren, bei Berücksichtigung quantitativer Ungenauigkeiten, mehr als einen Einblick in die Gegebenheiten in einem Maisfeld.

Das weitere Ziel, in welchem Umfang die Erfassung von Arthropodengesellschaften durchzuführen ist, konnte anhand der vorliegenden Datenmenge aus Bonituren und Ganzpflanzenernten bestens verfolgt werden. Die Datenmenge der fünf Untersuchungsjahre, mit verschiedenen Probestimmen ließ es zu, die Dichten im Verlauf der Vegetation bestens zu beschreiben, um sich so auf geeignete Boniturtermine zu konzentrieren. So konnte für die ausgewählten Indikatortaxa der Termin zum Zeitpunkt der Blüte als optimaler Boniturtermin herausgearbeitet werden, wobei Interaktionen (natural control) von Blattläusen und deren Prädatoren (FREIER et al. 1997) berücksichtigt wurden. Für weitere Untersuchungen könnte man sich also auf einen Boniturtermin, und zwar zum Zeitpunkt der Blüte, festlegen. Somit wäre eine Einheitlichkeit beim Vergleich der Untersuchungsjahre untereinander gegeben.

### **5.2.2. Ergebnisdiskussion der Bonituren und Ganzpflanzenernten**

Im Mittel aller Feldstudien konnten bei Bonituren zum Zeitpunkt der Blüte keine signifikanten Einflüsse von *Bt*-Mais auf die Abundanz der gewählten Indikatortaxa nachgewiesen werden. Nur in einzelnen Feldstudien waren signifikante Unterschiede im Auftreten von Thripsen, Wanzen und Blattläusen festzustellen. Bei zwei Feldstudien wurden mehr Thripse in der KV-Variante, in drei Feldstudien mehr Wanzen in der BT-Variante gefunden. Prädatoren der Blattläuse zeigten bei keiner Bonitur der fünf Untersuchungsjahre signifikante Unterschiede im Auftreten zwischen der *Bt*- und konventionellen Sorte. Dennoch ist erwähnenswert, dass bei den meisten Bonituren mehr Blattlausprädatoren in der KV-Variante anzutreffen waren als in der BT-Variante. Eine Erklärung lässt sich nicht finden. Es gibt hierfür auch keine Hinweise in der Literatur. Auf Coccinelliden scheint nach PILCHER et al. (1997) und KALTHOFF et al. (2001) allerdings keine Auswirkung vom *Bt*-Mais auszugehen. Nach mündlicher Mitteilung von Dr. B. Freier und Dr. J. Leopold wurde im Jahr 2000, kurz vor der Ernte, in der BT-Variante eine höhere Dichte an Blattläusen als in der KV-Variante beobachtet. Dies ist durch das unterschiedliche Abreifeverhalten beider Sorten zu erklären. So reifen die Pflanzen ohne Zünslerschutz, bedingt durch den Schaden des Maiszünslers, schneller ab (siehe hierzu Punkt 5.7.). Ohne Schaden bleibt die Pflanze länger grün, und bietet damit den Blattläusen weiterhin die Möglichkeit Phloemsaft aufzunehmen.

Die Korrespondenzanalysen der Daten der Ganzpflanzenernten zeigten, dass der größte Einfluss auf die Zusammensetzung der Arthropodengesellschaft vom Jahr, Standort und Probestimmen ausging. Sie beschreiben 34 % der Gesamtvarianz. Die Sorten hatten einen statistisch signifikanten, aber nur sehr geringen (2,1 %) Einfluss auf die Artenzusammensetzung. Allerdings muss hinzugefügt werden, dass z. B. Schmetterlinge relativ selten bzw. überhaupt nicht im Feld anzutreffen waren, und sie somit bei den Korrespondenzanalysen nicht berücksichtigt wurden (siehe 3.11.).

Der Einfluss der chemischen Maiszünslerbekämpfung konnte nur am Rande untersucht werden. Die einmalige Bonitur in der chemischen Bekämpfungsvariante (GE) auf Feld 2 im Jahr 2004 zeigte eine höhere Blattlausdichte im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle kurz vor der Ernte. Es konnte ebenso wie in Untersuchungen von HASSAN et al. (1993) beobachtet werden, dass die natürlichen Feinde der Blattläuse durch den Insektizideinsatz ausgeschaltet wurden. Für die Folgejahre kann die Gefahr einer nachfolgenden Blattlausmassenvermehrung in derart behandelten Beständen gegeben sein.

### **5.3. Bodenfallenfänge**

#### **5.3.1. Methodische Herangehensweise bei Bodenfallenfängen**

Bei Untersuchungen mittels Bodenfallen wird versucht, mit begrenztem Mitteleinsatz und in vertretbaren Zeiträumen möglichst aussagekräftige Ergebnisse zur Aktivitätsdichte und Diversität von epigäischen Raubartropoden zu erzielen (WINKELBRANDT, 1990). Zahlreiche Autoren haben unter diesen Gesichtspunkten den Mindestumfang an Bodenfallen zur Erfassung von Laufkäfern und Spinnen in einer Variante diskutiert. Nach MÜHLENBERG (1983) lassen sich in einem relativ einheitlich strukturierten Habitat mit drei Fallen noch 60 % der zu erwartenden Laufkäferarten belegen. RÜMER & MÜHLENBERG (1988) erachten eine Reduktion auf vier Fallen pro Untersuchungsfläche als vertretbar. Auch RIECKEN (2000) erfasste mit insgesamt vier Bodenfallen die Laufkäfer- und Webspinnenfauna ausgewählter Habitate. Ebenso RATHS & RIECKEN (1999), die eine ökologische Charakterisierung der betrachteten Taxozönosen auf Nutzflächen mit geringem Aufwand als sehr zuverlässig erachten. MÜLLER (1984) forderte allerdings mindestens 20 – 30 Bodenfallen. Mindestens zehn Bodenfallen erachten STEIN (1965) und OBRTEL (1971) als nötig, um die häufigsten Arten in repräsentativer Anzahl zu erhalten. Nach Studien auf Ackerstandorten von LÜBKE-AL HUSSEIN (1997) und SCHÜTZEL (2004) zeigte sich, dass die Zunahme der Artenzahlen nicht linear verläuft, sondern bei Verwendung höherer Fallenzahlen zunehmend abflacht. Weiterhin wurde in diesen Studien ermittelt, dass mit drei Fallen bereits über 40 % aller erbeuteten Spinnenarten nachgewiesen wurden, bei Laufkäfern bereits 52,6 %. Mit sechs Fallen ergab sich bei Webspinnen ein Erfassungsgrad von 54 %, bei Laufkäfern von 63,5 %. Dabei wurde deutlich, dass der Erkenntnisgewinn sowohl bei Laufkäfern als auch bei Webspinnen geringer wird, je mehr zusätzliche Fallen eingesetzt werden.

Der Entscheidung bezüglich Fallengröße und Fallenabstand zwischen den einzelnen Fallen wurden Arbeiten von MÜLLER (1984) zu Grunde gelegt. Bei dem gewählten Fallenabstand von 20 Metern konnte eine gegenseitige Beeinflussung der Fallen ausgeschlossen werden.

Eine weitere Frage richtete sich an die Länge des Fangzeitraumes. Bei gleichzeitiger Optimierung des Untersuchungsaufwandes, sind möglichst ein oder mehrere

Aktivitätsmaxima bei gemeinsamer Betrachtung von Spinnen und Laufkäfern in die Fangzeiträume einzuschließen. So schlägt SCHÜTZEL (2004) vor, die Fangtermine mindestens von Ende April bis Ende Juli zu wählen, da Webspinnen von Mitte Juni bis Ende Juli die höchsten Erfassungsraten aufweisen, Laufkäfer dagegen treten mit Frühjahrs- und Herbstaktivitäten auf.

Aus den vorangegangenen Überlegungen leitet sich die in den vorliegenden Untersuchungen durchgeführte Versuchsmethodik der Bodenfallenfänge ab. So konnte der in den Untersuchungsjahren 2000 und 2001 aufgebrauchte Aufwand der Bodenfallenfänge, aufgrund der Erweiterung des allgemeinen Versuchsprogramms, in den folgenden Untersuchungsjahren reduziert werden. Um möglichst repräsentativ Dichte- und Diversitätsverhältnisse von Spinnen und Laufkäfern auf Teilfeldern zu ermitteln, hat sich ein Fangzeitraum von vier Wochen mit wöchentlicher Leerung ab Anfang Juli, ebenso wie die Anzahl von sechs Fallen pro Variante im Abstand von 20 Metern, bewährt.

### 5.3.2. Ergebnisdiskussion der Bodenfallenfängen

Veröffentlichungen zur Spinnen- und Laufkäferfauna Mitteldeutschlands zeigten, dass weder im Hinblick auf Biodiversität oder Individuen- und Artendichte langfristige Veränderungen der epigäischen Arthropodenfauna innerhalb der letzten fünf Jahrzehnte in der Agrarlandschaft, trotz tiefgreifender Modifikationen der Landbewirtschaftung, zu beobachten waren (GEILER, 1963, BEYER, 1981, LÜBKE-AL HUSSEIN & WETZEL, 1993, VOLKMAR et al., 1998, WETZEL et al., 2000). Weiterhin konnte gezeigt werden, dass auf strukturarmen, großflächigen Kulturlächen eine erstaunlich hohe Anzahl epigäischer Arthropoden in erheblichen Dichten vorkommt (WETZEL, 1993, VOLKMAR et al., 1994, KREUTER, 2002, WETZEL, 2004).

In den vorliegenden Untersuchungen konnten unterschiedlich hohe Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfern nachgewiesen werden, allerdings lag die Anzahl an Carabidenarten mit 75 Spezies in den fünf Untersuchungsjahren unter der in der Literatur beschriebenen Anzahl auf Ackerstandorten. Die Anzahl an Spinnenarten lag mit 62 Spezies (inklusive Juvenile), bei dem durchgeführten Probenumfang, im Rahmen der in der Literatur beschriebenen Artenzahlen auf Ackerflächen Mitteldeutschlands.

Ein Einfluss der *Bt*-Sorte auf die Dichte von Spinnen konnte nicht festgestellt werden. Die Individuen- und Artendichte war in beiden Varianten sehr homogen verteilt. So konnten auch relativ ähnliche Evenness-Werte für beide Varianten errechnet werden, die z. T. bedingt durch das eudominante Auftreten von *Oedothorax apicatus*, sehr geringe Werte erreichten.

Ein auffälliges Ergebnis bestand in der Aktivitätsdichte von Laufkäfern zwischen der BT- und KV-Variante. Bei nahezu allen Untersuchungen der Jahre 2000 – 2004 konnten mehr Laufkäfer in der BT-Variante gefunden werden, wobei vier Untersuchungen sogar

signifikante Unterschiede aufwiesen. So war die Anzahl der acht am häufigsten vorkommenden Laufkäferarten im Mittel aller Jahre in der BT-Variante jeweils größer als in der KV-Variante. Das stärkere Auftreten von Laufkäfern war vor allem durch die eudominante Art *Pterostichus melanarius* bedingt. Sie wurde bei nahezu allen Untersuchungen häufiger in der BT-Variante gefangen, wodurch z. T. deutlich geringere Eveness-Werte auf den BT-Flächen erreicht wurden. Beim Auftreten von seltenen oder gefährdeten Carabidenarten konnten keine auffälligen Unterschiede zwischen der BT- und KV-Variante festgestellt werden. Hierbei muss allerdings erwähnt werden, dass das Auftreten seltener Arten erst durch eine höhere Fallenanzahl erfasst wird, um so gesichere Aussagen treffen zu können (SCHÜTZEL, 2004).

Weiterhin sei in diesem Zusammenhang auf PLACHTER (1990) verwiesen, der Artdiversität und Eveness als wertbestimmende Kriterien kritisch diskutierte. Auch BASEDOW & RZEHAK (1988) kommen zu dem Schluss, dass die Berechnung der Indices Diversität und Eveness gegenüber der einfachen Betrachtung der Häufigkeitslisten der Arten keine Vorteile bringt. Vielmehr ist nach SCHÄFER & TISCHLER (1983) eine zusammenhängende, komplexe Betrachtung des Parameters Artenzahl mit anderen indikativen Kriterien wie Individuendichten, Diversität und Eveness anzustreben. Ebenso reicht der Parameter „Rote-Liste-Arten“ als einziges Kriterium bei der Beurteilung von Agroökosystemen nicht aus.

Die Unterschiede im Auftreten, vor allem dominanter Laufkäferarten, zwischen der BT- und KV-Variante, sind aber höchstwahrscheinlich nicht auf einen Einfluss der *Bt*-Sorte zurückzuführen. So konnten drei der vier signifikanten Unterschiede auf der jährlich beprobten Fläche (Feld 1 2002, 2003 und 2004, Abb. 7 c) festgestellt werden. Somit ist zu vermuten, dass diese signifikanten Unterschiede durch den Einfluss des Standortes hervorgerufen wurden. Die Korrespondenzanalysen unterstützen diese Vermutung. Sie zeigten, dass die Sorten einen statistisch signifikanten, aber nur sehr geringen (2,7 %) Einfluss auf die Artenzusammensetzung hatten. Das Untersuchungsjahr und der Standort übten den größten Einfluss auf die Artgemeinschaften aus. Sie beschrieben 59 % der Gesamtvarianz.

Für ein beim Anbau von *Bt*-Mais vorgeschriebenes Monitoring sollten auf jeden Fall Spinnen- und Laufkäfergemeinschaften genauestens beobachtet werden. Sie gelten als universelle Indikatoren und können nach FREIER et al. (1999) bei der Bewertung von Pflanzenschutz-Systemen gute Aussagen liefern. Die Bodenfallenfänge sollten, wie in den vorliegenden Untersuchungen, abgeschlossen sein bevor ein sichtbarer Maiszünslerschaden an den Pflanzen erkennbar ist, um so Einflüsse bedingt durch den Schaden an den Pflanzen, auszuschließen.

Der Erfolg der chemischen Bekämpfung des Maiszünslers war in den Untersuchungs Jahren 2002 – 2004 sehr groß. Der optimale Zeitpunkt der Applikation schien in jedem Jahr genau getroffen zu sein. Allerdings wurden die Kosten und der Aufwand von den Landwirten,

angesichts der unklaren pflanzenschutzkostenfreien Erlöse, als relativ hoch eingestuft, so dass in den meisten Betrieben bislang auf einen chemischen Einsatz verzichtet wurde. Mit dem Anbaujahr 2005 ist als einziges Insektizid zur Bekämpfung des Maiszünslers ein neues Produkt auf dem Markt (siehe 2.3.3.). Dieses Produkt verspricht nicht so große Bekämpfungserfolge, bzw. es muss eine zweimalige Applikation durchgeführt werden, die damit den Aufwand und die Kosten zusätzlich erhöhen.

Die chemische Maiszünslerbekämpfung wirkte sich direkt nach der Applikation deutlich negativ auf die Aktivitätsdichten von Spinnen und Laufkäfern bei den Bodenfallenfängen aus. Damit wurde belegt, dass Insektizidanwendungen, zumindest über einen definierten Zeitraum, Auswirkungen auf die Abundanz von Spinnen und Laufkäfern bei Bodenfallenfängen zeigten. Diese Beobachtungen decken sich mit einer Vielzahl von Untersuchungen zum Einsatz von Insektiziden. So beschreiben u. a. KRAUSE (1991), VOLKMAR & WETZEL (1992) sowie LÜBKE-AL HUSSEIN (1995) Veränderungen hinsichtlich der Zönosen von Webspinnen und Laufkäfern beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln. Allerdings kommt es nach WETZEL (2003) unter Beachtung der Normen eines integrierten Pflanzenschutzes weder zu einer Gefährdung der Agroökosysteme, noch zu einem Arten- und Individuenrückgang in der Arthropodenfauna auf großen Ackerflächen. Diese Aussagen werden durch Untersuchungen von MÜLLER (1995) und LÜBKE-AL HUSSEIN (2002) unterstützt.

Die Thematik des integrierten Pflanzenschutzes erlangt durch die EU-Agrarreform höchste Aktualität. Strategien zur Minderung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes durch Anwendung, Verfahren und Technik sowie einer guten fachlichen Praxis werden derzeit erarbeitet. Durch das im Jahr 2003 beschlossene Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz soll die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß reduziert, die Anwendung vorbeugender und nichtchemischer Pflanzenschutzmaßnahmen gefördert werden (BMVEL, 2003; FREIER, 2003; BURTH, 2004). In diesem Zusammenhang wird in Zukunft die Bekämpfung des Maiszünslers durch Insektizide einerseits, oder durch den Anbau von *Bt*-Mais andererseits, sicherlich unter neuen Gesichtspunkten zu bewerten sein.

#### **5.4. Wahlverhalten von (Flug-)insekten**

Die Methode, das Wahlverhalten von (Flug-)insekten zwischen *Bt*- und konventionellem Mais mittels Insektenklebstoff zu studieren, ist eine sehr spezieller Ansatz. Hierbei sollte untersucht werden, ob eventuelle olfaktorische oder visuelle, sortenspezifische Reaktionen bei (Flug-)insekten hervorgerufen werden.

Der Aufwand der Durchführung der Versuche war gering, und eine quantitative Auswertung war schnell durchführbar. Dafür gestaltete sich die qualitative Auswertung der mit Insektenklebstoff bestrichenen Maisblätter als recht schwierig. Die gefangenen Insekten

waren aufgrund der verklebten Körper schwer, und überwiegend nur bis zur Gattung zu bestimmen.

Die ersten zwei Versuche im Jahr 2002 zeigten einen deutlichen Unterschied im Auftreten der Taxa zwischen der BT- und KV-Variante, wobei signifikant mehr Taxa in der KV-Variante beobachtet wurden. Dieser Unterschied ist aber sehr wahrscheinlich auf einen methodischen Fehler zurückzuführen. Im Jahr 2002 wurde darauf geachtet, dass sich die zu vergleichenden Blätter in unmittelbarem Abstand zueinander befanden. Dabei wurde allerdings die unterschiedliche Exposition im Feld nicht berücksichtigt. Die Blätter der beiden Varianten hingen in entgegengesetzter Richtung. Im folgenden Jahr wurden bei allen drei Versuchen zum Wahlverhalten die Blätter beider Varianten so ausgewählt, dass sie die gleiche Ausrichtung im Feld hatten. In diesem Jahr konnte der Trend des Vorjahres nicht beobachtet werden. Signifikante Unterschiede innerhalb einer Gattung waren nicht festzustellen.

### **5.5. Maizünsler - Befallsbonituren**

Für die zukünftige Planung einer Bekämpfung des Maizünslers sind Beobachtungen zur Verbreitung des Maizünslers innerhalb einer Region wichtig. Nach HUGGER (1998) erfolgte erst mit dem intensiven Maisanbau eine explosionsartige Vermehrung. Die Entstehung großer Befallsgebiete in Deutschland geht auf einen verstärkten Körnermaisbau und die Ausweitung des Silomaisbaus als Folge der Konzentration der Tierhaltung zurück. Daraus kann man folgern, dass in Deutschland die geographische Breite nur eine untergeordnete Rolle besitzt und Faktoren, wie die Intensität des Maisanbaus, aber auch die Bodenbearbeitung nach Mais (2.3.1.) und das Auftreten natürlicher Gegenspieler eine größere Rolle spielen dürften.

Bei der Beurteilung des Maizünslerschadens ist genauestens die unter Punkt 3.7. beschriebene Methode der randomisierten Entnahme von Pflanzen einzuhalten. Aus Gesprächen mit Landwirten wird deutlich, dass der Schaden im Feld meist viel höher eingeschätzt wird, als er in Wirklichkeit ist. Beim Blick durch die Maisreihen fallen die beschädigten Pflanzen sofort auf, die unbeschädigten Pflanzen werden dabei übersehen. Durch die zufallsverteilte Wahl der Pflanzen wird dieser methodische Fehler ausgeschlossen. Die Ergebnisse der Schadbildbonitur nach HUDON & CHIANG (1991) decken sich im Mittel der Untersuchungsjahre 2002 – 2004 sehr gut mit der Bonitur der Maizünslarven. So geht der Schaden im Feld mit der Stärke des Befalls der Larven einher. Ausnahme bildete das Jahr 2004, in dem ein recht hoher Zünslerbefall bonitiert, aber ein relativ geringer Schaden festgestellt wurde. Ein Grund dafür bestand darin, dass im Gegensatz zu den Untersuchungsjahren 2002 – 2003 relativ viele Larven im Kolben gefunden wurden, und diese Larven keinen nach der Boniturskala (siehe Anhang 1) definierten Schaden hervorriefen. Hier setzt die Kritik an der durchgeführten Schadbildbonitur an: Es wurden nur

der sichtbare Schaden begutachtet. Nicht bewertet wurde, ob die Wasser- und Nährstoffversorgung oder der Assimilattransport der Pflanzen durch den Larvenfraß behindert, und damit möglicherweise der Wuchs der Pflanzen oder Ertragsparameter beeinträchtigt wurden.

Aus diesen Überlegungen heraus muss zusätzlich berücksichtigt werden, welche Anbauform durchgeführt wird. Der Schaden im Feld wirkt sich möglicherweise auf die Ernte als Silomais anders aus als auf die Ernte als Körnermais. Hierfür müssen noch andere Kriterien herangezogen werden.

Die Stärke des Befalls könnte auch noch nach der Ernte grob ermittelt werden, indem die auf dem Feld verbliebenen Stoppeln nach Larven des Maiszünslers bonitiert werden. Dies stellt eine schnelle Methodik zur Ermittlung des Maiszünsler-Befallsdrucks in dem jeweiligen Jahr dar. Durch diese Ermittlung des Maiszünslerbefalls können Prognosen für die Befallsstärke im nächsten Jahr erstellt werden, was für die Planung möglicher Bekämpfungsmaßnahmen unabdingbar ist. Hierzu sei auf Überlegungen in Punkt 2.4.4. hingewiesen.

Die mittlere Befallsstärke der Jahre 2002 – 2004 von  $0,43 \pm 0,22$  Larven/Pflanze ist im Vergleich zu DEGENHARDT et al. (2003), der in den Jahren 1998 – 2002 im Oderbruch einen mittleren Maiszünslerbefall in der unbehandelten Kontrolle von 0,9 Larven/Pflanze ermittelte, um die Hälfte geringer. Vergleichend dazu ermittelte er im gleichen Zeitraum 1998 – 2002 im Rheintal einen mittleren Befall von 0,3 Larven/Pflanze in der unbehandelten Kontrolle.

In den eigenen Untersuchungen der Jahre 2002 – 2004 führten die jeweils einmaligen Insektizidanwendungen mit Baythroid 50 zu einer Reduzierung des Befalls um etwa 88 %, und damit auch zu einem deutlich geringeren Schaden im Feld. Diese recht guten Ergebnisse bezüglich der Wirkung deckte sich mit Erfahrungen von Landwirten und Ergebnissen anderer Untersuchungen (DEGENHARDT et al., 2003; LANGENBRUCH, 2003). Allerdings ist die chemische Bekämpfung mit einigen Problemen verbunden. So kann der Zuflug des Maiszünslers von Jahr zu Jahr variieren. Ein optimaler Bekämpfungstermin ist schwer voraussagbar (DEGENHARDT et al., 2003), und der Praktiker muss auf die Empfehlungen des amtlichen Pflanzenschutzdienstes zurückgreifen. Ebenso könnte eine zweite Behandlung erforderlich sein, da der Falterflug in mehreren Flughöhepunkten auftreten kann. Die Erfahrung zeigte weiterhin, dass der optimale Anwendungszeitpunkt vorliegt, wenn der Mais eine Höhe von 1,5 m erreicht hat. Dann ist eine aufwendige Applikationstechnik mittels Stelzenschlepper notwendig, die die Kosten der Anwendung erhöht.

Die *Trichogramma*-Anwendung brachte in den Untersuchungsjahren 2002 - 2004 nur einen geringen Erfolg von 16 % bei der Bekämpfung des Maiszünslers. Aus mehrjährigen Untersuchungen von LANGENBRUCH (2003) konnten in anderen Maiszünsler-Befallsgebieten größere Erfolge der biologischen Bekämpfung verzeichnet werden (siehe 2.3.2.). Möglicherweise sind bei dieser Bekämpfungsmethode die zuvor genannten Probleme, die bei

der chemischen Bekämpfung nicht auftraten, hier stärker aufgetreten. Außerdem sind, nach mündlicher Rücksprache mit Dr. B. Wührer, die *Trichogramma*-Kärtchen stärker der Witterung ausgesetzt, so dass durch kurze Regenschauer, die in der Zeit nach der Ausbringung beobachtet wurden, die Wirkung herabgesetzt wurde.

### 5.6. Ertragsmessungen

Die in den Untersuchungen verwendete Methode der Ertragsmessung ist als sehr umfangreich zu erachten. Hierbei sicherte eine große Probenfläche die Datenbasis. Eine weitere Möglichkeit den Ertrag zu messen, bestünde im Wiegen einer definierten Anzahl von Pflanzen jeder Variante. Allerdings wäre hierbei die Durchführung sehr aufwendig und die Probengröße für einen Feld-Feld-Vergleich zu gering. Diese Methode könnte für eine stichprobenartige Bewertung, besonders bei der Ermittlung des Körnermaisertrages, herangezogen werden, indem einzelne Pflanzen bzw. Kolben jeder Variante gewogen werden. Durch die Bekämpfung des Maiszünslers konnte kein bedeutendes Ertragsplus im Mittel der Jahre 2002 – 2004 erzielt werden. Im Jahr 2002 wurde auf Feld 2 die *Bt*-Sorte nicht mit der korrespondierenden Linie (isogene Linie) verglichen, sondern mit der Sorte Lenz. Diese brachte, auch ohne Maiszünslerbekämpfung, den gleichen Ertrag wie die *Bt*-Sorte.

Der allgemeine Ertragseinbruch im Jahr 2003 im Vergleich zu den Jahren 2002 und 2004 lässt sich aufgrund der extremen Trockenheit in diesem Jahr (siehe Abb. 6) erklären.

Im Jahr 2004 war der Ertrag in der KV-Variante auf beiden Flächen jeweils geringer als in der BT-Variante. In diesem Jahr konnte zwar kein wesentlich größerer Schaden im Feld, verglichen mit den zwei Jahren zuvor, ermittelt werden, aber die Anzahl der Larven war in diesem Jahr höher als in den Jahren zuvor. Neben dem befallsbedingten Schaden könnte ein weiterer Grund des geringeren Ertrages in der KV-Variante im Jahr 2004 darin bestehen, dass das Saatgut für das Anbaujahr 2004 unterschiedlich gebeizt wurde, so dass der Ertrag auf der BT-Fläche höher ausfiel. Der Unterschied war kurz nach der Aussaat bis zum Erscheinen der Blütenanlagen (Makrostadium 5) sichtbar. Danach war dieser Unterschied optisch nicht mehr zu erkennen. Nach Rücksprache mit Herrn Dr. B. Barthelmis vom Bundessortenamt Güterfelde, dürfte sich die unterschiedliche Beizung aber nicht direkt auf den Ertrag auswirken. Allerdings könnte die unterschiedliche Wirkung der Beizung, die hauptsächlich der Bekämpfung der Fritfliege (*Oscinella frit*) in der frühen Entwicklung des Maises dient, zum tragen kommen. So waren die *Bt*-Maispflanzen möglicherweise besser vor einem Schaden durch die Fritfliege in der beginnenden Vegetation geschützt.

## 5.7. Energie- und Qualitätsbestimmungen

In den Energie- und Qualitätsuntersuchungen des Jahres 2002 lagen die Stärkegehalte der Proben der BT-Variante und der konventionellen Sorte Lenz deutlich unter den gemittelten Werten des Landeskontrollverbandes Brandenburg e. V. der Region Brandenburg (siehe Punkt 2.4.5). Die zusätzlich beprobte konventionelle Sorte Flavi erreichte mit einem durchschnittlichen Wert von 360 g/kg TS einen enorm hohen Stärkegehalt. Ebenso war der Energiegehalt dieser Sorte signifikant höher als die Energiegehalte der *Bt*-Sorte und der Sorte Lenz.

Die im Jahr 2003 aufgrund der extremen Trockenheit erwarteten, schlechteren Nährstoffgehalte und Energiekonzentrationen wurden nur teilweise auf den Untersuchungsflächen des Jahres 2003 vorgefunden. Zum einen liegt eine mögliche Begründung in der vorgezogenen Ernte Anfang September, zum anderen in der Fähigkeit, vor allem von Feld 1, die Trockenheit besser ausgleichen zu können. So konnten auf Feld 1 noch sehr hohe Stärkegehalte sowohl in der BT- als auch der KV-Variante erreicht werden. Der Energiegehalt der KV-Variante von Feld 1 lag über dem Durchschnitt des Landes Brandenburg, die Energiegehalte der BT-Varianten beider Felder sowie der KV-Variante von Feld 2, lagen unter dem Durchschnitt. Die hohen Standardabweichungen verdeutlichen die Heterogenität der Proben in diesem Jahr.

In den Erhebungen des Jahres 2004 konnten mehrfach hohe Nährstoffgehalte und Energiekonzentrationen ermittelt werden, wobei der konventionelle Mais signifikant niedrigere Rohfasergehalte und teilweise signifikant höhere Stärkegehalte sowie Energiekonzentrationen aufwies als der *Bt*-Mais (Anhang 4).

Im Mittel der Untersuchungsjahre 2002 – 2004 konnten keine Unterschiede in Energie- und Qualitätsmerkmalen zwischen der *Bt*-Sorte und der zu vergleichenden konventionellen Sorte festgestellt werden. Allerdings konnten geringere Trockensubstanz-Werte der *Bt*-Sorte im Vergleich zur konventionellen Sorte ermittelt werden. Möglicherweise reiften die Pflanzen ohne Zünslerschutz, bedingt durch den Schaden des Maiszünslers, schneller ab. Bei einem geringen Befall, bzw. einer Bekämpfung des Maiszünslers, kann die Vegetationszeit der Maispflanzen verlängert, der Erntezeitpunkt um einige Tage oder Wochen verzögert werden. Dadurch wird der Zeitraum der Stärkeeinlagerung in die Kolben verlängert. Dies spielt zusätzlich eine wichtige Rolle bei der Entscheidung, ob der Mais als Silo- oder Körnermais geerntet werden soll. Der Landwirt hat die Möglichkeit, bei einem „sauberen“, gut entwickelten Bestand den Mais als Körnermais, der zu einem späteren Zeitpunkt geerntet wird, zu ernten. Da beide Varianten zum gleichen Zeitpunkt geerntet wurden, konnten diese eventuellen Vorteile des verzögerten Abreifeverhaltens der *Bt*-Sorte hinsichtlich der Energie- und Qualitätsmerkmale nicht untersucht werden. Zu berücksichtigen ist das unterschiedliche Abreifeverhalten der *Bt*- und konventionellen Sorte außerdem für die Anbaumaßnahmen bei

der Umsetzung der Refugienstrategie (siehe 2.3.4.). So muss beim Anbau von *Bt*-Mais auf mindestens 20 % der Gesamtmaisfläche konventioneller Mais angebaut werden, um Resistenzen des Maiszünslers zu vermeiden.

Weiterhin auffällig waren die deutlich besseren Energie- und Qualitätswerte der zusätzlich angebauten konventionellen Sorte Flavi im Jahr 2002 im Gegensatz zur *Bt*-Sorte und der konventionellen Sorte Lenz. Dies zeigt, dass Sortenunterschiede einen viel größeren Einfluss auf Nährstoffgehalt und Energiekonzentrationen ausüben, als der Einfluss der gentechnischen Veränderung oder der Schaden des Maiszünslers. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Witterungsverhältnisse und optimaler Aussaat- und Erntetermin für eine gute Qualität ausschlaggebend sind.

### 5.8. *Fusarium*-Analysen

Im Mittel aller Untersuchungen konnte ein stärkeres Auftreten von *Fusarium* in der KV-Variante, verglichen mit der BT-Variante, festgestellt werden. Der höhere Befall durch den Maiszünslers in der KV-Variante könnte die Infektion mit *Fusarium* spp. durch die Schaffung zusätzlicher Eintrittspforten begünstigt haben, so dass im Vergleich zur BT-Variante ein wesentlich höherer *Fusarium*-Befall in der KV-Variante zu beobachten war. In der im Jahr 2002 auf Feld 2 zusätzlich angebauten konventionellen Sorte Flavi waren sogar noch höhere Belastungen mit *Fusarium* festzustellen. Auch Untersuchungen von MUNKVOLD et al. (1999), SOBEK & MUNKVOLD (1999), FORGET-RICHARD et al. (2002), PIVA & PIETRI (2002) und TATLI (2002) zeigten einen positiven Zusammenhang zwischen dem Maiszünslerbefall und der Infektion mit *Fusarium*-Pilzen. Durch die mechanische Verletzung von Pflanzengewebe und die Übertragung von Sporen durch die Larve des Maiszünslers, kann sich die Infektion der Maispflanze mit Pilzen der Gattung *Fusarium* erhöhen.

Besonders auffällig allerdings war der enorme *Fusarium*-Befall im Jahr 2003 auf beiden Feldern in jeweils beiden Varianten. Dieser extreme Befall könnte auf Witterungsverhältnisse zurückzuführen sein. Die Temperaturen im Jahr 2003 waren im Oderbruch, am Standort Manschnow, überdurchschnittlich hoch. Mittlere Monatstemperaturen von 16-22 °C von Juni bis August und die hohen Niederschläge im Juli waren sehr förderlich für die Keimung der windbürtigen Konidien und damit für die Ausbreitung der *Fusarium*-Pilze. Ab dem Stadium der Vollblüte, ein besonders für eine Kolbeninfektion sehr anfälliges Stadium, betrug die mittleren Temperaturen Mitte bis Ende Juli 20-22 °C. Genügend Feuchtigkeit war durch hohe Niederschläge im Juli vorhanden. Diese Witterungsbedingungen während und nach der Blüte und die hohe Anfälligkeit des Kolbens nach dem Erscheinen der Narbenfäden sowie in der frühen Körnerentwicklung waren sehr vorteilhaft für eine Infektion des Kolbens mit *Fusarium* spp. Vor allem dominierte im Jahr 2003 *F. subglutinans* das Artenspektrum auf allen Untersuchungsflächen. Das Auftreten von *F. subglutinans* ist stark abhängig von

klimatischen Umweltbedingungen. So benötigt *F. subglutinans* im Allgemeinen Tagestemperaturen unterhalb von 25 °C für ein optimales Wachstum (SUTTON, 1982; VIGIER et al., 1997).

Die genannten Gründe für das enorme Auftreten von *Fusarium*-Pilzen, im Besonderen von *F. subglutinans*, sind jedoch eher hypothetisch. Die Witterungsverhältnisse in den Jahren 2002 und 2004 unterschieden sich zwar von den Verhältnissen im Jahr 2003 (Abb. 5 und Abb. 6), boten aber dennoch relativ ähnliche Bedingungen für ein gleich starkes Auftreten von *Fusarium*-Pilzen in den drei Untersuchungsjahren. Auf die Bodenbearbeitung im Vorfeld der Aussaat oder die Vorfrucht ist der hohe Befall an *Fusarium* im Jahr 2003 sicherlich nicht zurückzuführen, da vergleichbare Bedingungen in den Jahren 2002 und 2004 vorherrschten (siehe Tab. 7). Außerdem können Ernterückstände, die sogar mit dem Pflug vergraben wurden, immer noch als Inokulumquelle dienen. COTTON & MUNKVOLD (1998) konnten in ihren Feldexperimenten zeigen, dass noch nach einem Jahr keine Unterschiede zwischen vergrabenen Rückständen und Pflanzenrückständen auf der Oberfläche im Überdauern von *Fusarium* spp. aufgetreten sind.

Es liegt die Vermutung nahe, dass die hohen Befallszahlen im Jahr 2003 auch methodischen Fehlern zu Grunde liegen. Im Jahr 2003 lagerten die Proben nach Oberflächendesinfektion und Auslegen auf den Nährböden viel länger als die Proben der Jahre 2002 und 2004, bevor sie auf einen Befall mit *Fusarium* untersucht wurden. Während dieser Zeit konnten sich die Pilze möglicherweise auf den Nährmedien ausbreiten. In diesem Zusammenhang sind weitere Kritikpunkte zur Methodik der Bestimmung des *Fusarium*-Befalls zu nennen. *Fusarium*-Pilze treten im Feld sehr punktuell (in Nestern) auf (COTTON & MUNKVOLD, 1998). Zwar spiegelt jeder Probepunkt aufgrund der Probennahme eine relativ große Fläche innerhalb des Feldes wider, aber jeder Gesamtprobe wurden letztendlich nur sechs Stängel- und sechs Kolbenteile entnommen (siehe 3.10.) Dies ist eine sehr geringe Menge bezogen auf die gesamte Feldgröße, und vor dem Hintergrund der punktuellen Verteilung von *Fusarium*-Pilzen sicherlich nicht ausreichend. Da aber die Gesamtheit einer Probe für analytische Bestimmungen nicht homogenisiert, also getrocknet und gemahlen werden kann, wie etwa bei der Mykotoxinanalyse, müsste man den Probenumfang erhöhen, was den zumutbaren Umfang der Probenaufbereitung und der Determination weit übersteigen würde.

Beim Vergleich des *Fusarium*-Befalls zwischen Stängel und Kolben war der Befall der *Bt*-Pflanzen auf Stängel und Kolben gleichmäßig verteilt. Die Pflanzen der konventionellen Felder wiesen einen stärkeren Befall im Stängel auf. Wie in Tab. 25 dargestellt, konnten mehr Larven in der Grünpflanze, also im Stängel, gefunden werden als in den Kolben. Geht man, wie bereits diskutiert, von einem Zusammenhang zwischen dem Maiszünslerbefall und der Infektion mit *Fusarium* spp. aus, erklärt sich dieser höhere Befall von *Fusarium* am Stängel verglichen mit dem Kolben. Bestätigt wird diese Vermutung durch die gleichmäßige

Verteilung des *Fusarium*-Befalls an den Pflanzen der BT-Variante, die einen kompletten Schutz vor dem Maiszünsler aufwiesen und nicht geschädigt wurden, und die Infektion somit nicht auf den Maiszünsler zurückzuführen ist.

### 5.9. Mykotoxinanalysen

Im Kontext der unterschiedlichen Probenaufbereitung zwischen der *Fusarium*- und Mykotoxinanalyse liegt ein weiteres Problem. Eine Vorhersage der möglicherweise zu findenden Mykotoxine im Feld anhand der vorgefundenen *Fusarium*-Arten (Mykotoxin-Bildungspotential) war nicht möglich. Der Probepunkt für beide Analysen ist zwar identisch, aber nicht die Probengröße. Für die Mykotoxinanalysen wurden die Proben homogenisiert und decken damit eine viel größere Fläche innerhalb des Feldes ab. Ein zusätzliches Problem bezüglich der Bestimmung des Mykotoxin-Bildungspotentials bestand in der Zuordnung der *Fusarium*-Pilze, den entsprechenden Mykotoxinen (SCHÜTT, 2001) und umgekehrt. Eine *Fusarium*-Art kann mehrere Mykotoxine bilden, und ein Mykotoxin kann durch mehrere *Fusarium*-Pilze gebildet werden. (siehe 4.8.3.).

Die Mykotoxinbelastung der Untersuchungen in den Jahren 2002 – 2003 war im Allgemeinen in den KV-Varianten höher als in den BT-Varianten. Besonders im Jahr 2002 auf Feld 1 wurden von allen untersuchten Mykotoxinen höhere Werte in der KV-Variante ermittelt. Damit kann letztendlich ein allgemeiner Zusammenhang zwischen der höheren Belastung durch *Fusarium* in der KV-Variante und der gleichzeitig höheren Belastung der KV-Variante durch Mykotoxine hergestellt werden. Das zeigte auch die relativ hohe Belastung der zusätzlich angebauten Sorte Flavi im Jahr 2002 auf Feld 2 mit den Mykotoxinen Deoxynivalenol und Zearalenol, in der ebenfalls eine hohe Belastung mit *Fusarium*-Pilzen, vor allem mit *F. verticillioides*, festzustellen war.

Die Felder 1 und 2 im Untersuchungsjahr 2003 wiesen nicht so hohe Belastungen von Nivalenol, Deoxynivalenol, Zearalenol und Fumonisin auf wie im Jahr zuvor (siehe 4.8.4.). Im Jahr 2003 konnte eine überwiegende Belastung mit *F. subglutinans* festgestellt werden. *F. subglutinans* ist in der Lage das Mykotoxin Moniliformin zu bilden. Für weitere Mykotoxinanalysen wäre zu überlegen, Proben auf dieses Mykotoxin hin zu untersuchen.

Ein vorsichtiger Vergleich der Mykotoxinbelastungen der Untersuchungsjahre 2002 – 2003 mit den Mykotoxin-Höchstmengen in oder auf Lebensmitteln für Getreideerzeugnisse in Deutschland (Tab. 5) zeigt für einzelne Proben (Anhang 5 und Anhang 6) eine Überschreitung dieser Höchstmengen. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Grenzwerte nicht für Silomais gelten. Außerdem wurden die Analysen mit dem Häckselgut der kompletten Pflanze durchgeführt. Es wäre für weitere Untersuchungen zu überlegen, nur die Maiskörner auf Mykotoxine zu untersuchen.

Für die Genauigkeit der Mykotoxinanalysen ist ebenfalls die Anzahl der Probepunkte ausschlaggebend. Wie *Fusarium*-Pilze sind Mykotoxine sehr heterogen im Feld verteilt (BOTTALICO, 1998; ENGELHARDT, 2001; SCHÜTT, 2001). Die relativ hohen Standardabweichungen der einzelnen Proben pro Variante spiegeln diese heterogene Verteilung der Mykotoxine im Feld wider. Durch eine hohe Probenanzahl, die durch den Aufwand der Analysen allerdings eingeschränkt wird, kann dieser Heterogenität entgegengewirkt werden, um die Mykotoxinbelastung des kompletten Feldes genauer zu beschreiben. Ebenso kann der Probenumfang jeder einzelnen Probe erhöht werden, oder möglichst viele Einzelproben zu einer Gesamtprobe vermischt und homogenisiert werden.

## 6. Schlussfolgerungen

Im Vergleich zur konventionellen Sorte konnten durch den Anbau von *Bt*-Mais keine bedeutenden Veränderungen im Auftreten von Arthropodengemeinschaften, mit Ausnahme der fast 100 %igen Bekämpfung des Maiszünslers in den fünfjährigen Untersuchungen festgestellt werden. Das z. T. stärkere Auftreten von Laufkäfern in der *BT*-Variante ist nach Korrespondenzanalysen nicht auf den Einfluss der Sorten, sondern auf den Einfluss anderer ökologischer Variablen zurückzuführen. Die chemische Bekämpfungsvariante zeigte einen wesentlich deutlicheren Eingriff auf die Abundanzverhältnisse von Arthropodengemeinschaften.

Aus wirtschaftlicher Sicht stellt sich die Frage, ob bei einer mittleren Befallsstärke von 0,43 Larven/Pflanze beim Anbau von Silomais überhaupt eine Maßnahme gegen den Maiszünsler durchgeführt werden muss. In den Untersuchungsjahren konnte im Mittel kein nennenswertes Ertragsplus beim Anbau von *Bt*-Mais festgestellt werden. Allerdings konnte der Landwirt durch den Anbau von *Bt*-Mais das Risiko hoher Ertragseinbußen, bedingt durch einen eventuellen größeren Schaden des Maiszünslers, im Vorfeld ausschalten. Die Qualität bezüglich der Roh Nährstoffgehalte und Energiekonzentrationen brachte keine Verbesserung durch die Bekämpfung des Maiszünslers. Andererseits konnten geringere *Fusarium*- und Mykotoxinwerte beobachtet werden. Dieser Aspekt wird beim Anbau von Silomais allerdings noch sehr gering bewertet. Die Mykotoxin-Höchstmengenverordnung (siehe 2.4.6.2.) geht nicht explizit auf Silomaisernten ein, sondern nur auf Getreideerzeugnisse, die für den direkten Verzehr bestimmt sind. In diesem Zusammenhang wären bei Körnermaisernten hohe Mykotoxinbelastungen strenger zu bewerten.

Für das zukünftige, auf EU-Ebene gesetzlich geforderte Monitoringprogramm müssen geeignete ökologische Monitoringmethoden zum Anbau von *Bt*-Mais sowie deren Umfang, erarbeitet werden. Die vorliegenden Untersuchungen bieten dafür eine ausgezeichnete Grundlage. Eine entscheidende Frage ist, welches grundsätzliche Vorgehen das Ziel am besten erreicht. Ein denkbarer Ansatz besteht darin, einen Ist-Zustand anhand einer Messreihe ökologischer Indikatoren in konventionellen Maisfeldern an einem Standort als Wertekorridor des guten ökologischen Zustandes zu erarbeiten und zu beschreiben (Baseline 1, Abb. 32). Diese Baseline 1 kann aus Datenreihen bestehender Untersuchungsjahre definiert und nach jeder Saison durch aktuelle Datenreihen modifiziert werden. Mit wachsender Datenmenge, die durch Langzeituntersuchungen erreicht wird, gewinnt dieser Korridor an Stabilität. Der Wertekorridor betrifft sowohl Dichten als auch Diversitätsstrukturen von ausgewählten Indikatorgruppen. Die Definition des Korridors kann auf der Grundlage der Standardabweichung des Mittelwertes einer Zahlenreihe erfolgen. Hierbei ist zu überlegen, ob die Messreihe in einem mehrjährigen Intervall durchzuführen ist, da Extrema in den einzelnen Jahren die Standardabweichung zu stark verändern könnten.

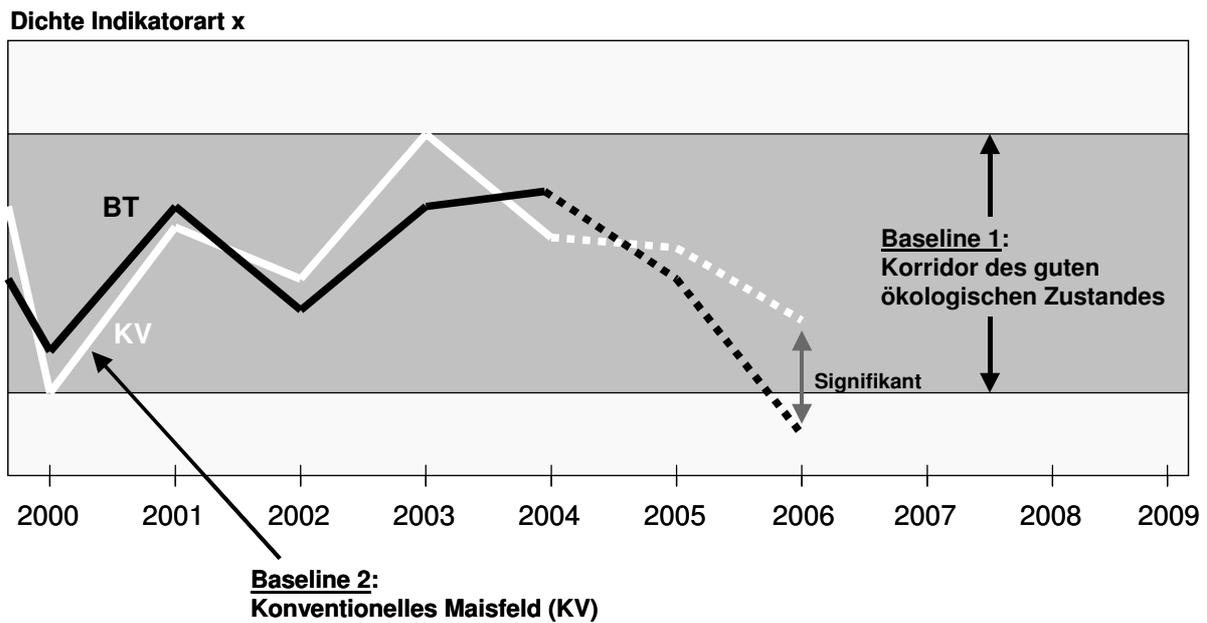


Abb. 32: Bewertung ökologischer Zustände in *Bt*-Maisflächen auf Grundlage von Baselines

Ein anbaubegleitendes Monitoring von *Bt*-Mais, das auf dieser Baseline aufbaut, muss aber zusätzlich die aktuelle, also saisonbedingte Vergleichsvariante (konventionell angebauter Mais) heranziehen (Baseline 2), um kritische Abweichungen im *Bt*-Feld vom Korridor zu interpretieren. Falls der Wert außerhalb des Korridors liegt, ist das nur dann von Bedeutung, wenn er im Feld-Feld-Vergleich signifikant von der Kontrolle abweicht. Es ist darauf zu achten, dass als Kontrolle die korrespondierende, nicht transformierte Linie zum *Bt*-Mais (isogene Linie) angebaut wird, damit mögliche Unterschiede auf den Einfluss des *Bt*-Toxins zurückzuführen sind.

Als geeignete Methode für ein anbaubegleitendes Monitoring konnten Bonituren herausgearbeitet werden. In Hinblick auf ein ausgewogenes Aufwand-Nutzen-Konzept, empfiehlt es sich, nur eine Bonitur, und zwar zum Zeitpunkt der Blüte, durchzuführen, die aber wiederum eine tiefe Determination der erfassten Arthropoden erfordert. Durch gezielte Betrachtung ausgewählter Indikatoren ist eine schnelle Einarbeitung und Durchführung möglich. Als hauptsächliche Indikatoren in Maisbeständen werden Thripse, Wanzen, Blattläuse und deren Prädatoren, sowie der Maiszünsler als Zielorganismus vorgeschlagen. Die Ermittlung der Dichte von Schmetterlingen bzw. deren Larven kann sich auf den Feldsaum und die Unkräuter im Feld beschränken.

Ebenso erwiesen sich Bodenfallenfänge zur Ermittlung der Aktivitätsdichte und Diversität von Laufkäfern und Spinnen, mit dem erarbeiteten und beschriebenen Aufwand, als geeignete und aussagekräftige Methode, für begleitende Beobachtungen des Anbaus von *Bt*-Mais. Die Auswahl der genannten Bioindikatoren basiert auf den gewonnenen Kenntnissen und unter

Berücksichtigung der Richtlinie 2001/18 EG Anhang VII. Weiterhin wurde bei diesen Überlegungen der Final Project Report des European Enforcement Projects „Monitoring the environmental effects of genetically modified plants“ (ANONYMUS, 2002a) sowie das „Gemeinsame Positionspapier von UBA und BBA zum Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen“ (ANONYMUS, 2002b) berücksichtigt.

*Fusarium*- und Mykotoxinanalysen müssen, im Rahmen des Verbraucherschutzes, zukünftig nicht nur beim Anbau von *Bt*-Mais, sondern für den kompletten Anbau von Körner- bzw. Silomais durchgeführt werden.

Ökonomische Analysen werden für ein anbaubegleitendes Monitoring nicht vorgeschlagen. Allerdings werden im Handlungsrahmen des integrierten Pflanzenschutzes zwangsläufig, neben ökologischen Aspekten, auch ökonomische Aspekte beim Anbau von *Bt*-Mais als neue Alternative zur Bekämpfung des Maiszünslers zu berücksichtigen sein. Hierbei muss sich der Anbau von *Bt*-Mais mit den klassischen Methoden der Bekämpfung messen. Gerade im Kontext des „Reduktionsprogramms chemischer Pflanzenschutz“ werden sich weitere Bewertungen ergeben.

## 7. Zusammenfassung

In den letzten 20 Jahren hat sich der Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis* HÜBNER), aus der Schmetterlingsfamilie der Pyralidae oder Zünsler, zum bedeutendsten tierischen Schädling des Mais (*Zea mays*) entwickelt. Eine Möglichkeit den Befall des Maiszünslers abzuwenden, bietet der Anbau von *Bacillus thuringiensis*-Mais (*Bt*-Mais). Mit Hilfe der Gentechnik wurden Gene für insektizide Toxine des Bakteriums *Bacillus thuringiensis* übertragen. Der gentechnisch veränderte *Bt*-Mais exprimiert diese *Bt*-Endotoxine und ist damit während der kompletten Vegetation vor den Larven des Maiszünslers geschützt. Allerdings könnte die Aufnahme von *Bt*-Toxin neben dem Zielorganismus, dem Maiszünsler, auch weitere Tierarten in Maisfeldern und angrenzenden Flächen schädigen. In verschiedenen Ländern wird bereits seit mehreren Jahren *Bt*-Mais angebaut. Mit dem Anbaujahr 2005 besteht in Deutschland, unter Einhaltung von gesetzlichen Richtlinien, die Möglichkeit des kommerziellen Anbaus von *Bt*-Mais. Im Vorfeld wurden in mehreren Projekten mögliche Risiken, die vom *Bt*-Mais ausgehen könnten, wissenschaftlich untersucht.

Ziel des vorliegenden Projektes war es, in einer 3-jährigen Studie die Auswirkungen des großflächigen Anbaus von *Bt*-Mais auf die ökologische Situation und den Handlungsrahmen des integrierten Pflanzenschutzes komplex zu untersuchen. Dazu wurden in Betrieben im Oderbruch, das als permanentes Befallsgebiet des Maiszünslers gilt, in den Jahren 2002 bis 2004 jährlich zwei Felder mit jeweils einer *Bt*-Sorte und einer konventionellen Sorte angelegt. Zusätzlich wurden biologische und chemische Maiszünsler-Bekämpfungsvarianten durchgeführt.

Durch verschiedene Methoden wie Bonituren, Ganzpflanzenernten, Bodenfallenfänge und Beobachtungen des Wahlverhaltens von (Flug-)insekten konnten Aussagen zur Dichte und Diversität von Arthropodengesellschaften getroffen werden. Hierfür konnten Daten aus Untersuchungen der Jahre 2000 und 2001 im Oderbruch ergänzend herangezogen werden. Durch Ertragsmessungen, Energie- und Qualitätsermittlungen, sowie *Fusarium*- und Mykotoxinanalysen konnte der Anbau von *Bt*-Mais als neue Alternative zur Bekämpfung des Maiszünslers bewertet werden.

Bezüglich des Auftretens von Arthropodengemeinschaften wurden im Mittel der fünfjährigen Datenerhebung beim Vergleich der angebauten *Bt*-Sorte zur konventionellen Sorte, mit Ausnahme der fast 100 %igen Bekämpfung des Maiszünslers, keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Ein besonderes Augenmerk wurde auf Thysanoptera (Thripse), Heteroptera (Wanzen), Aphididae (Blattläuse) und deren Prädatoren, sowie mittels Bodenfallenfängen auf Carabidae (Laufkäfer) und Araneae (Spinnen) gerichtet.

Die erwarteten ökonomischen Vorteile (Ertragsplus durch geringeren Schaden, bessere Nährstoff- und Energiegehalte durch ungestörte Wasser- und Nährstoffversorgung) des Anbaus von *Bt*-Mais als Silomais blieben allerdings in den Untersuchungsjahren aus.

Allerdings zeigten *Fusarium*- und Mykotoxinanalysen eine geringere Belastung des *Bt*-Mais. Dies kann auf den geringeren Schaden zurückzuführen sein, da beschädigte Pflanzen für *Fusarium* und Mykotoxine anfälliger sind.

Desweiteren konnten erste methodische Ansätze für ein auf EU-Ebene gefordertes, den Anbau von *Bt*-Mais begleitendes Monitoring, erarbeitet werden. So konnten Vorschläge für geeignete Methoden, deren Umfang sowie des Zeitpunktes der Durchführungen gemacht werden.

## 8. Literaturverzeichnis

- ADLER, A. (1993): Fusarien auf heimischen Feldfrüchten. Veröffentlichung der BA Agrarbiologie Linz/Donau 21, 43-51.
- ANONYMUS (1998): <http://www.bba.de/>, 26.06.2002.
- ANONYMUS (2001): Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1. Saphir Verlag, Ribbesbüttel.
- ANONYMUS (2002): <http://www.bba.de/mitteil/aktuelles/maiszuensler/maiszstart.htm>, 06.07.2004.
- ANONYMUS (2002a): Final Project Report des European Enforcement Projects „Monitoring the environmental effects of genetically modified plants“. 1-21.
- ANONYMUS (2002b): Gemeinsames Positionspapier von UBA und BBA zum Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen. 1-10.
- ANONYMUS (2002c): <http://www.oderbruch.de>, 15.04.2002.
- ANONYMUS (2003): Jahresbericht 2003 des Pflanzenschutzdienstes Baden-Württemberg. Hrsg: Landesanstalt für Pflanzenschutz, Stuttgart.
- ANONYMUS (2004a): <http://www.maiskomitee.de>, 20.06.2004.
- ANONYMUS (2004b): <http://www.transgen.de>, 07.12.2004.
- ANONYMUS (2005): Deutsche Maisanbaufläche auf Rekordniveau. Agravis Raiffeisen Newsletter 01/05.
- ANONYMUS (2005a): <http://www.biosicherheit.de/aktuell/>, 17.01.2005.
- ANONYMUS (2005b): <http://www.biosicherheit.de/mais/>, 17.01.2005.
- ANONYMUS (2005c): <http://www.transgen.de/gentechnik/pflanzenanbau/187.doku.html>, 19.01.2005.
- ANONYMUS (2005d): <http://www.transgen.de/gentechnik/pflanzenanbau/197.doku.html>, 19.01.2005.
- ANONYMUS (2005e): Pflanzenschutzmittelverzeichnis Teil 1. Saphir Verlag, Ribbesbüttel.
- BACKHAUS, G. F., BEER, H., GUTSCHE, V., FREIER, B. (2005): Beiträge der BBA zum Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz des BMVEL. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 57, 45-48.
- BARRETT, K. L., GRANDY, N., HARRISON, E. G., HASSAN, S. A., OOMEN, P. A. (1994): Guidance document on regulatory testing procedures for pesticides with non-target arthropods. Abstract SETAC Workshop 28-30 Mar. 1994, 1-51.
- BASEDOW, T. (1973): Der Einfluß epigäischer Raubarthropoden auf die Abundanz phytophager Insekten in der Agrarlandschaft. Pedobiol. 13, 410-422.
- BASEDOW, T., BORG, A., DE CLERCQ, R., NIJVELDT, W., SCHERNEY, F. (1976): Untersuchungen über das Vorkommen der Laufkäfer (Col., Carabidae) auf europäischen Getreidefeldern. Entomophaga 21, 59-72.

- BASEDOW, T. (1987): Der Einfluß gesteigerter Bewirtschaftungsintensität im Getreidebau auf die Laufkäfer. Mitt. BBA 235.
- BASEDOW, T., RZEHAK, H. (1988): Abundanz und Aktivitätsdichte epigäischer Raubarthropoden auf Ackerflächen – ein Vergleich. Zool. Jahrb. Abt. Syst. 115, 495-508.
- BENDELL, B. E., WEATHERHEAD, P. J., STEWARD, R. K. (1981): The impact of predation by red-winged blackbirds on European corn borer populations. Can. J. Zool. 59, 1535-1538.
- BETZ, F. S., HAMMOND, B. G., FUCHS, R. L. (2000): Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect Pests. Regulatory Toxicol. Pharmacol. 32, 156-173.
- BEYER, R. (1981): Zur Dynamik der Spinnen- und Weberknechtfauna auf einer Kulturfläche mit wechselndem Pflanzenbestand im Verlaufe von 5 Jahren im Raum Leipzig. Faunistische Abhandlungen 8, 119-130.
- BLAKE, S., FOSTER, G. N., EYRE, M. D., LUFF, M. L. (1994): Effects of habitat type and grassland management practices on the body size distribution of carabid beetles. Pedobiol. 38, 502-512.
- BMVEL (2003): Bericht des Beirates des BMVEL „Reduktionsprogramm chemischer Pflanzenschutz“ vom 15. Oktober 2003. [www.bba.de/mitteil/aktuelles/forumpfs/bericht.pdf](http://www.bba.de/mitteil/aktuelles/forumpfs/bericht.pdf), 26.04.2005.
- BOER, P. J. DEN (1971): Dispersal and dispersal power of carabid beetles. Miscellaneous papers, Landbouwhoges. Wageningen.
- BOTTALICO, A. (1998): *Fusarium* diseases of cereals: Species complex and related mycotoxin profiles in Europe. J. Plant Pathol. 80, 85-103.
- BOURGUET, D., CHAUFaux, J., MICOUD, A., DELOS, M., NAIBO, B., BOMBARDE, F., MARQUE, G., EYCHENNE, N., PAGLIARI, C., (2002): *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). Environ. Biosafety Res. 1, 49-60.
- BRASSE, D. (1975): Die Arthropodenfauna von Getreidefeldern auf verschiedenen Böden im Braunschweiger Raum. Pedobiol. 15, 405-414.
- BROOKS, D. R., BOHAN, D. A., CHAMPION, G. T., HAUGHTON, A. J., HAWES, C., HEARD, M. S., CLARK, S. J., DEWAR, A. M., FIRBANK, L. PERRY, G., J. N., ROTHERY, P., SCOTT, R. J., WOIWOD, I. P., BIRCHALL, C., SKELLERN, M. P., WALKER, J. H., BAKER, P., BELL, D., BROWNE, E. L., DEWAR, A. J. G., FAIRFAX, C. M., GARNER, B. H., HAYLOCK, L. A., HORNE, S. L., HULMES, S. E., MASON, N. S., NORTON, L. R., NUTTALL, P., RANDLE, Z., ROSSALL, M. J., SANDS, R. J. N., SINGER, E. J., WALKER, M. J. (2003): Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. I. Soil-surface-active invertebrates. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 358, 1847–1862.

- BROWN, K. C. (1998): The value of field studies with pesticides and non-target arthropods. Proc. Int. Conf. Brighton 2, 575-582.
- BRYAN, K. M., WRATTEN, S. D. (1984): The response of polyphagous predators to prey heterogeneity: aggregation by carabid and staphylinid beetles to their cereal aphid prey. J. Econ. Entomol. 5, 120-125.
- BURTH, U. (2004): Auf dem Wege zu einem Reduktionsprogramm im Pflanzenschutz. Pflanzenschutz aktuell. DLG-Wintertagung in Berlin, 13. Januar 2004, Kurzfassungen der Vorträge.
- BURTH, U., GUTSCHE, V., FREIER, B., ROSSBERG, D. (2002): Das notwendige Maß bei der Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 54, 297-303.
- CAPRIO, M. A. (1998): Evaluating Resistance Management Strategies for Multiple Toxins in the Presence of External Refuges. J. Econ. Entomol. 91, 1023-1037.
- CHAMPION, G. T., MAY, M. J., BENNETT, S., BROOKS, D. R., CLARK, S. J., DANIELS, R. E., FIRBANK, L. G., HAUGHTON, A. J., HAWES, C., HEARD, M. S., PERRY, J. N., RANDLE, Z., ROSSALL, M. J., ROTHERY, P., SKELLERN, M. P., SCOTT, R. J., SQUIRE, G. R., THOMAS, M. R. (2003): Crop management and agronomic context of the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 358, 1801-1818.
- CHELKOWSKI, J. (1989): Mycotoxins associated with corn cob fusariosis. In: CHELKOWSKI, J. (Hrsg.): *Fusarium*. Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity, 53-62.
- CHULZE, S. N., RAMIREZ, M. L., FARNOCHI, M. C., PASCALE, M., VISCONTI, A., MARCH, G. (1996): *Fusarium* and fumonisin occurrence in Argentina corn at different ear maturity stages. J. Agric. Food Chem. 44, 2797-2801.
- COTTON, T. K., MUNKVOLD, G. P. (1998): Survival of *Fusarium moniliforme*, *F. proliferatum*, and *F. subglutinans* in maize stalk residue. Phytopathol. 88, 550-555.
- DEGENHARDT, H., HORSTMANN, F., MÜLLEDER, N. (2003): *Bt*-Mais in Deutschland. Mais 2, 75-77.
- DESJARDINS, A. E., PLATTNER, A. D., NELSON, P. E. (1997): Production of fumonisin B<sub>1</sub> and moniliformin by *Gibberella fujikuroi* from rice from various geographic areas. Appl. Environ. Microbiol. 63, 1838-1842.
- DESJARDINS, A. E., PROCTOR, R. H. (2001): Biochemistry and genetics of *Fusarium* toxins. In: B. A. SUMMERELL, J. F. LESLIE, D. BACKHOUSE, W. L. BRYDEN, L. W. BURGESS (Hrsg.): *Fusarium* - Paul E. Nelson Memorial Symposium, APS Press, American Phytopathol. Society, St. Paul, USA, 50-69.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2002): Witterungsreport. Hefte 01/02 – 12/02.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2003): Witterungsreport. Hefte 01/03 – 12/03.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2004): Witterungsreport. Hefte 01/04 – 10/04.

- DIVELY, G. P., ROSE, R. (2003): Effects of *Bt* transgenic and conventional insecticide control on the non-target natural enemy community in sweet corn. Proc. 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, Honolulu, Hawaii, 14.-18. January 2002, 265-274.
- DÖLL, S., DÄNICKE, S. (2004): Mykotoxine im Futter – was tun? Mais 1, 12-15.
- EDWARDS, C. A., SUNDERLAND, K. D., GEORGE, K. S. (1979): Studies on polyphagous predators of cereal aphids. J. Appl. Ecol. 16, 811-823.
- EDWARDS, C. A., GEORGE, K. S. (1981): Carabid beetles as predators of cereal aphids. Proc. Brit. Crop Prot. Conf., 191-199.
- ENGELHARDT, G. (1999): <http://www.lfe.bayern.de/lebensmittel/mykotox.html>, 30.09.2004.
- ENGELHARDT, G. (2001): [http://www.vis-ernaehrung.bayern.de/de/left/fachinformationen/verbraucherschutz/unerwuenschte\\_Stoffe/mykotoxine.html](http://www.vis-ernaehrung.bayern.de/de/left/fachinformationen/verbraucherschutz/unerwuenschte_Stoffe/mykotoxine.html), 04.06.2004.
- ENGELMANN, H.- D. (1978): Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden. Pedobiol. 18, 378-380.
- FELKE, M., LANGENBRUCH, G. A. (2001): Gefährdet *Bt*-Pollen Schmetterlinge? Gesunde Pflanzen 53, 24-28.
- FELKE, M., LORENZ, N., LANGENBRUCH, G. A. (2002): Laboratory studies on the effects of pollen from *Bt*-maize on larvae of some butterfly species. J. Appl. Entomol. 126, 320-325.
- FELKE, M., LANGENBRUCH, G. A. (2003). Effect of *Bt*-maize-pollen on caterpillars of *Inachis io* in a laboratory assay. Gesunde Pflanzen 55, 1-7.
- FORGET-RICHARD, F., DUCOS, C., MARCHEGAY, G., PINSON, L., PRONIER, V., TURTAUT, F. (2002): Fungal growth and Fusarium mycotoxin content in isogenic and Bt maize. *Bt*-mais forum, Biarritz/Peyrehorade Sept. 2002, Dokumentation Vorträge.
- FREIER, B., TRILTSCH, H., MÖWES, M., RAPPAPORT, V. (1997): Der relative Wert von Prädatoren bei der natürlichen Kontrolle von Getreideblattläusen und die Verwendung von Prädatoreinheiten. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 49, 215-222.
- FREIER, B., VOLKMAR, C., KREUTER, T., TRILTSCH, H., STARK, A., FORSTER, R. (1999): Nützlinge als Bioindikatoren für die ökologischen Auswirkungen des Pflanzenschutzes – Methoden und die Probleme bei der Interpretation der Daten aus Feldstudien. Anz. Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umwelt 72, 5-11.
- FREIER, B. (2001): Arthropodengesellschaften in Maisbeständen und ihre trophischen Interaktionen. In: Ökologische und ökosystemanalytische Ansätze für das Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen (Hrsg.: RAUBUCH, M., SCHIEFERSTEIN, B.), UBA, Texte 44/02, 63-69.
- FREIER, B., KREUTER, T., KALTHOFF, N. (2001): Field studies and arthropod communities in Bt-maize and not genetically modified maize in two different locations in Germany. Abstract SETAC Europe, 12<sup>th</sup> Annual Meeting, 6.

- FREIER, B., TRILTSCH, H., MÖWES, M., GOSSELKE, U., ADISU, B., LEE, S.- G. (2003): Different effects of aphid antagonists in wheat in two different landscapes and the consequences for integrated pest management - results of 10-year field studies. IOBC/WPRS Bull. 26, 53-58.
- FREIER, B., SCHORLING, M., TRAUOGOTT, M., JUEN, A., VOLKMAR, C. (2004): Results of a 4-year plant survey and pitfall trapping in Bt maize and conventional maize fields regarding the occurrence of selected arthropod taxa. IOBC/wprs Bull. 27, 79-84.
- FREUDE, H., HARDE, K. W., LOHSE, G. A. (1976): Die Käfer Mitteleuropas. Bd.2, Verlag Goecke & Evers, Krefeld.
- GATHMANN A., WIROOKS L., BARTSCH D., SCHUPHAN I. (2003): Auswirkungen des Anbaus von Bt-Mais auf Nichtzielorganismen: Schmetterlingslarven in Unkrautstreifen. Abstract der 14. Entomologentagung Halle, 272.
- GATHMANN A., WIROOKS L., BARTSCH D., SCHUPHAN I. (2004): Monitoring effects of growing *Bt*-maize on non target Lepidoptera. Abstract IOBC meeting Praha, Nov.26-29, 2003, 25.
- GEILER, H. (1956/57): Zur Ökologie und Phänologie der auf mitteldeutschen Feldern lebenden Carabiden. Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig 6, 35-61.
- GEILER, H. (1963): Die Spinnen- und Weberknechtfauna nordwestsächsischer Felder. Z. angew. Zool. 50, 257-272.
- GILES, K. L., HELLMICH, R. L., IVERSON, C. T., LEWIS, L. C. (2000): Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* maize grain on B-thuringiensis-susceptible *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 93, 1011-1016.
- GREENSLADE, P. J. M. (1964): Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). J. Animal Ecol. 33, 301-310.
- HASSAN, S. A. (1998): Die Anwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* im biologischen Pflanzenschutz in Deutschland - Geschichte, Erfolge und Aussichten für die Zukunft. Mitt. BBA 346, 83-109.
- HASSAN, S. A., ALBERT, R., ROST, W. M. (1993): Pflanzenschutz mit Nützlingen im Freiland und unter Glas. Verlag E. Ulmer, Stuttgart.
- HAUGHTON, A. J., CHAMPION, G. T., HAWES, C., HEARD, M. S., BROOKS, D. R., BOHAN, D. A., CLARK, S. J., DEWAR, A. M., FIRBANK, L. G., OSBORNE, J. L., PERRY, J. N., ROTHERY, P., ROY, D. B., SCOTT, R. J., WOIWOD, I. P., BIRCHALL, C., SKELLERN, M. P., WALKER, J. H., BAKER, P., BROWNE, E. L., DEWAR, A. J. G., GARNER, B. H., HAYLOCK, L. A., HORNE, S. L., MASON, N. S., SANDS, R. J. N., WALKER, M. J. (2003): Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 358, 1863-1877.

- HAWES, C., HAUGHTON, A. J., OSBORNE, J. L., ROY, D. B., CLARK, S. J., PERRY, J. N., ROTHERY, P., BOHAN, D. A., BROOKS, D. R., CHAMPION, G. T., DEWAR, A. M., HEARD, M. S., WOIWOD, I. P., DANIELS, R. E., YOUNG, M.W., PARISH, A. M., SCOTT, R. J., FIRBANK, L. G., SQUIRE, G. R. (2003): Responses of plants and invertebrate trophic groups to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 358, 1899-1813.
- HEITZ, V. (2002): A multiyear comparison of European Corn Borer control methods. *Bt-mais forum*, Biarritz/Peyrehorade Sept. 2002, Dokumentation Vorträge.
- HEIMER, S., NENTWIG, W. (1991): *Spinnen Mitteleuropas: ein Bestimmungsbuch*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- HEYDEMANN, B. (1955): Carabiden der Kulturfelder als ökologische Indikatoren. *Ber. 7. Wandervers. Deut. Entomol.* Berlin, 172-185.
- HEYDEMANN, B. (1964): Die Carabiden der Kulturbiotope von Binnenland und Nordseeküste – ein ökologischer Vergleich. *Zool. Anz.* 172, 49-86.
- HEYDEMANN, B. (1983): Aufbau von Ökosystemen im Agrarbereich und ihre langfristigen Veränderungen. Daten und Dokumente zum Umweltschutz. Hohenheim-Sonderreihe Umweltagung. H 35, 53-83.
- HILBECK, A.; BAUMGARTNER, M.; FRIED, P. M.; BIGLER, F. (1998): Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 27, 480-487.
- HILBECK, A., MEIER, M. S., RAPS, A. (2000): Review on non-target organisms and *Bt*-plants – Report to Greenpeace International. EcoStrat GmbH, Zürich, 1-80.
- HUDON, M., CHIANG, M. S. (1991): Evaluation of resistance of maize germplasm to the univoltine european corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hübner) and relationship with maize maturity in Quebec. *Maydica* 36, 69-74.
- HUGGER, H. (1998): Was ist von transgenen Maissorten zu erwarten. *Mais* 26, 112-113.
- HURLE, K., LECHNER, M., KÖNIG, K. (1996): *Mais – Unkräuter, Schädlinge, Krankheiten*. Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- JASINSKI, J. R., EISLEY, J. B., YOUNG, C. E., KOVACH, J., WILLSON, H. (2003): Select non target arthropod abundance in transgenic and nontransgenic field crops in Ohio. *Environ. Entomol.* 32, 207-413.
- KAISER-ALEXNAT, R., MEISE, T., LANGENBRUCH, G. A., HOMMEL, B., HUBER, J. (2005): Untersuchungen zur frühzeitigen Erkennung einer Resistenzentwicklung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*) gegenüber dem *B.t.*-Mais-Toxin Cry1Ab. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* 57, 144-151.
- KALTHOFF, N., KREUTER, T., FREIER, B., VOLKMAR, C., STARK, A., HOMMEL, B.; MOLL, E. (2001): Feldstudie zur Qualität und Quantität von Arthropodengesellschaften in Bt-Mais

- und nicht gentechnisch veränderten Maisbeständen. Mitt. Deut. Ges. allg. angew. Entomol. 13, 269-272.
- KENNEDY, P. J. (1994): The distribution and movement of ground beetles in relation to set-aside arable land. Carabid Beetles: Ecology Evolution, 439-444.
- KLUGE, E., ENZIAN, S., GUTSCHE, V. (1999): Befallsatlas; Atlas der potentiellen Befallsgefährdung durch wichtige Schadorganismen im Acker Deutschlands. BBA Berlin und Braunschweig. Saphir Verlag, Ribbesbüttel.
- KNAUER, N., STACHOW, U. (1987): Aktivitäten von Laufkäfern (Carabidae Col.) in einem intensiv wirtschaftenden Ackerbaubetrieb - Ein Beitrag zur Agrarökosystemanalyse. J. Agr. Crop Science 159, 131-145.
- KNAUER, N., TIMMERMANN, D. (1990): Ausbreitung und Überwinterung von Laufkäfern (Carabidae, Col.) im Agrarökosystem. DFG-Forschungsbericht „Integrierte Pflanzenproduktion II“ VCH Verlagsgesell. Weinheim, 74-92.
- KRAUSE, U. (1991): Untersuchungen zum Einfluß einer Herbstbehandlung mit Pyrethroiden zur Kontrolle von Getreideblattläusen in Winterweizen und Wintergerste auf epigäische Raubarthropoden (Araneae, Carabidae, Staphylinidae) unter besonderer Berücksichtigung der Araneae. Diplomarbeit, Universität Göttingen.
- KREUTER, T. (2002): Laufkäfer als agroökologische Indikatoren für Bewirtschaftungs- und Gestaltungskonzepte auf trockenen Lößstandorten (sechsjährige Untersuchungen im Ökohof Seeben). Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- KRÜGER, W. (1989): Maize diseases caused by Fusaria: Involved species and mycotoxins. In: CHELKOWSKI, J. (Hrsg.): *Fusarium. Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*, 297-317.
- LANDESKONTROLLVERBAND BRANDENBURG E. V. WALDSIEVERS DORF (2002): Jahresbericht 2002 – über den Stand der Arbeiten, Ergebnisse und Entwicklung, 58-63.
- LANDESKONTROLLVERBAND BRANDENBURG E. V. WALDSIEVERS DORF (2003): Jahresbericht 2003 – Stand der Arbeiten, Ergebnisse und Entwicklung, 52-57.
- LANDESKONTROLLVERBAND BRANDENBURG E. V. WALDSIEVERS DORF (2004): Jahresbericht 2004 – Stand der Arbeiten, Ergebnisse und Entwicklung, 59-61.
- LANDESKONTROLLVERBAND BRANDENBURG E. V. WALDSIEVERS DORF (2004): TS-Schnelldienst zur Ernte von Silomais. Infoblatt 2004.
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG (2001): Grundlagen für die wasserwirtschaftliche Rahmen- und Bewirtschaftungsplanung im Oderbruch. Studien und Tagungsberichte 31.
- LANGENBRUCH, G. A., HOMMEL, B., BURGERMEISTER, W. (1999): Monitoring der Anpassung des Maiszünlers an transgenen *Bacillus thuringiensis*-Mais – Populationsgenetische Untersuchungen in ausgewählten Anbauregionen Deutschlands. Proc. BMBF-Statusseminar, 12-17.

- LANGENBRUCH, G. A., HOMMEL, B., BURGERMEISTER, W. (2000) Monitoring der Anpassung des Maiszünslers an transgenen *Bacillus thuringiensis*-Mais – Populationsgenetische Untersuchungen in ausgewählten Anbauregionen Deutschlands. Biologische Sicherheit. Proc. BMBF-Statusseminar, 5-10.
- LANGENBRUCH, G. A. (2001): Maiszünsler bald im hohen Norden? DLZ Agrarmagazin 52, 36-38.
- LANGENBRUCH, G. A. (2003): Wer nicht pflügt, züchtet Maiszünsler. Mais aktuell. Frühjahr 2003, 44-47.
- LEOPOLD, J., VIDAL, S. (2003): Untersuchungen zu Kaskadeneffekten einer Bt-Toxin Expression in Maispflanzen auf Pflanze-Herbivore-Parasitoid-Systeme am Beispiel von Blattläusen und ihren Parasitoidenkomplexen. Proc. BMBF Statusseminar, 65.
- LEPSCHY, J. (1992): Fusarientoxine in Getreide – ihre Entstehung und Vorbeugungsmaßnahmen. Gesunde Pflanzen 44, 35-39.
- LESLIE, J. F., PLATTNER, R. D., DESJARDINS, A. E., KLTICH, C. J. R. (1992): Fumonisin B<sub>1</sub> production by strains from different mating populations of *Gibberella fujikuroi* (*Fusarium* section *Liseola*). Phytopathol. 81, 1058-1060.
- LEW, H., ADLER, A., BRODACZ, W., EDINGER, W. (1997): Zum Vorkommen von Nivalenol in Getreide und Mais. Proc. 19. Mykotoxin Workshop, 6-9.
- LEW, H., ADLER, A., EDLINGER, W. (1991): Moniliformin and the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*). Mycotoxin Research 7, 71-76.
- LIEBE, D. (2004): Molekulargenetische Untersuchungen zur Abgrenzung von Populationen des Maiszünslers *Ostrinia nubilalis* Hübner als eine Voraussetzung für das Insektenresistenzmanagement (IRM) von *Bacillus thuringiensis*-Mais (Bt-Mais). Dissertation, Justus-Liebig-Universität Giessen.
- LÖVEI, G. L., ARPAIA, S. (2005): The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. Entomol. Experiment. Appl. 114, 1-14.
- LOGRIECO, A., BOTTALICO, A. (1988): *Fusarium* species of the *Liseola* section associated with stalk and ear rot of maize in southern Italy, and their ability to produce moniliformin. Trans. Br. mycol. Soc. 90, 215-219.
- LOGRIECO, A., MORETTI, A., ALTOMARE, C., BOTTALICO, A., CARBONELL TORRES, E. (1993): Occurrence and toxicity of *Fusarium subglutinans* from Peruvian maize. Mycopathol. 122, 185-190.
- LORENZ, H.- N. (1993): Untersuchungen zur Verbreitung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) in Beifuß (*Artemisia vulgaris* L.) und Mais (*Zea mays* L.), zu Überwinterung und Falterschlupf sowie zur Überwachung seiner Z-Rasse mittels Pheromonfallen. Dissertation, Georg-August-Universität zu Göttingen.

- LOSEY, J. E., RAYOR, L. S., CARTER, M. E. (1999): Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399, 214.
- LOZZIA, G. C., FURLANIS, C., MANICHINI, B., RIGAMONTI, I. E. (1998): Effects of Bt corn on *Rhopalosiphum padi* L. (Rhynchota Aphididae) and on its predator *Chrysoperla carnea* Stephen (Neuroptera Chrysopidae). *Boll. Zool. Agr. Bachic. Ser. II*, 30, 153-164.
- LÜBKE-AL-HUSSEIN, M. (1995): Laufkäfer- und Kurzflüglergemeinschaften unter dem Einfluß abgestufter Pflanzenschutzmittelanwendungen im Verlauf einer Fruchtfolgerotation und im Vergleich zu einem Feldrain. *Mitt. Deut. Ges. allg. angew. Entomol.* 10, 557-560.
- LÜBKE-AL-HUSSEIN, M. (1997): Fallenzahl-Artenzahl-Beziehungen am Beispiel der Laufkäfer – eine Hilfe zur Bewertung von Bodenfallenfängen. *Arch. Phytopathol. Pflanzensch.* 31, 89-99.
- LÜBKE-AL-HUSSEIN, M. (2000): Auswirkungen abgestufter PSM-intensität und Unkrautbesatz auf Laufkäferzönosen (Coleoptera; Carabidae) während einer Fruchtfolgerotation unter den spezifischen Bedingungen des mitteldeutschen Trockengebietes. *Arch. Phytopathol. Pflanzensch.* 33, 239-281.
- LÜBKE-AL-HUSSEIN, M. (2002): Zu Laufkäferzönosen (Coleoptera; Carabidae) im Tagebau-restloch Königsau und auf Agrarflächen im Landkreis Aschersleben-Staßfurt (Sachsen-Anhalt). *Arch. Phytopathol. Pflanzensch.* 35, 125-155.
- LÜBKE-AL-HUSSEIN, M., WETZEL, T. (1993): Aktivitäts- und Siedlungsdichte von epigäischen Raubarthropoden in Winterweizenfeldern im Raum Halle/Saale. *Beitr. Entomol.* 43, 129-140.
- LÜCKE, E. (1960): Die epigäische Fauna auf Zuckerrübenfeldern unterschiedlicher Bodenverhältnisse im Göttinger Raum. *Z. angew. Zool.* 47, 43-90.
- LUFF, M. L. (1982): Population dynamics of Carabidae. *Ann. Appl. Biol.* 101, 165-170.
- MAGG, T., MELCHINGER, A. E., KLEIN, D., BOHN, M. (2001): Comparison of Bt maize hybrids with their non-transgenic counterparts and commercial varieties for resistance to European corn borer and for agronomic traits. *Plant Breeding* 120, 397-403.
- MEIER, M. S., HILBECK, A. (2001): Influence of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on prey preference of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Basic Appl. Ecol.* 2, 35-44.
- MEISE, T. (2003): Monitoring der Resistenzentwicklung des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis*, Hübner) gegenüber Bt-Mais. Dissertation, Georg-August-Universität zu Göttingen.
- MELCHINGER, A. E., KREPS, R., SPÄTH, R.; KLEIN, D. SCHULZ, B. (1998): Evaluation of early-maturing European corn borer. *Euphytica* 99, 115-125.
- MEBNER, H. (2003): Mais - eine junge alte Kulturpflanze. *Mais aktuell*. 01/2003, 4-7.

- MÜCHER, T. (2004): Untersuchung möglicher Effekte von transgenem, insektenresistenten Mais (*Bt*-Mais) auf Nichtzielorganismen im Boden, sowie Analyse und Bewertung von Beifußpopulationen (*Artemisia vulgaris* L.) des Maiszünslers (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) als Mittel der Resistenzverzögerung. Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.
- MÜHLENBERG, M. (1983): Bewertung von Kenngrößen zur Beschreibung von Artengemeinschaften. Fachbeitrag im Rahmen der Modellstudie „Zool. Artenschutz in Bayern“, Fabriktschleichach, 30.
- MÜHLENBERG, M. (1993): Freilandökologie. 3. Aufl.; Verlag Quelle und Meyer, Heidelberg, Wiesbaden.
- MÜLLER, G. (1968): Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Coleopterenfauna der küstennahen Kulturlandschaft bei Greifswald. *Pedobiol.* 8, 313-339.
- MÜLLER, H.- J. (1991): Ökologie. 2. Aufl.; Gustav Fischer Verlag, Jena.
- MÜLLER, J.- K. (1984): Die Bedeutung der Fallenfang-Methode für die Lösung ökologischer Fragestellungen. *Zool. Jahrb. Abt. Syst.* 111, 281-305.
- MÜLLER, P. (1995): Artenschutz durch dauerhafte Zwischenstrukturen“. *Schriftr. agrarspectrum, Dachverband Agrarforschung* 24, 85-107.
- MUNKVOLD, G. P., DESJARDINS, A. E. (1997): Fumonisin in Maize: Can we reduce their occurrence? *Plant Disease* 81, 556-565.
- MUNKVOLD, G. P., HELLMICH, R. L., RICE, L. G. (1999): Comparison of fumonisin concentration in kernels of transgenic *Bt* Maize Hybrids an nontransgenic Hybrids. *Plant Disease* 83, 130-138.
- NELSON, P. E. (1992): Taxonomy and biology of *Fusarium moniliforme*. *Mycopathol.* 117, 29-36.
- NGUYEN, T. H. (2004): Sicherheitsforschung und Monitoringmethoden zum Anbau von *Bt*-Mais: Expression, Nachweis und Wirkung von rekombinantem *Cry1Ab* in heterologen Expressionssystemen. Dissertation, Georg August-Universität Göttingen.
- NIRENBERG, H. I. (1976): Untersuchungen über die morphologische und biologische Differenzierung in der *Fusarium* - Sektion *Liseola*. *Mitt. BBA* 169.
- NOVAK, B. (1968): Bindungsgrad der Imagines einiger Feldcarabiden-Arten an die Lebensbedingungen in einem Weizenbestand. *Acta Univ. Palac. Olomucensis Gac. Rer. Nat. – Olumouc* 28, 99-131.
- NYFFELER, M., BENZ, G. (1979): Zur ökologischen Bedeutung der Spinnen der Vegetationsschicht von Getreide und Rapsfeldern bei Zürich (Schweiz). *Angew. Entomol.* 87, 348-376.

- NYFFELER, M., BENZ, G. (1981): Freilanduntersuchungen zur Nahrungsökologie der Spinnen: Beobachtungen aus der Region Zürich. Anz. Schädlingsk., Pflanzensch., Umweltsch. 54, 33-39.
- NYFFELER, M., BENZ, G. (1982): Spinnen als Prädatoren von landwirtschaftlich schädlichen Blattläusen. Anz. Schädlingsk., Pflanzensch., Umweltsch. 55, 120-121.
- OBRIST, L. B., KLEIN, H., DUTTON, A., BIGLER, F. (2005): Effects of Bt maize on *Frankliniella tenuicornis* and exposure of thrips predators to prey-mediated Bt toxin. Entomol. Experiment. Appl. 115, 409-416.
- ORTEL, R. (1971): Number of pitfall traps in relation to the structure of the catch of soil surface Coleoptera. Acta entomol. Bohemoslov. 68, 300-309.
- OLDENBURG, E. (1997): Fusarientoxine in Silomais – Abhängigkeit von Sorte und Standort. Jahresbericht FAL.
- OLDENBURG, E., LEPSCHY, J., VALENTA, H., WEIßBACH, F. (1996): Fusarientoxine in Silomais – Abhängigkeit von Sorte und Standort. Proc. 18. Mykotoxin Workshop, 174-179.
- ONSTAD, D. W., GOULD, F. (1998): Modelling the Dynamics of Adaption to Transgenic Maize by European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 91, 586-593.
- PAARMANN, W. (1979): Ideas about the evolution of the various annual reproduction rhythms in carabid beetles of the difference climatic zones. Misc. Pap. Landbouwhoges. Wageningen 18, 119-132.
- PAUER, R. (1975): Zur Ausbreitung der Carabiden in der Agrarlandschaft unter besonderer Berücksichtigung der Grenzbereiche verschiedener Feldkulturen. Z. angew. Zool. 62, 457-489.
- PAWLIZKI, K.-H. (1984): Auswirkungen abgestufter Produktionsintensitäten auf die Aktivitätsabundanz von Feldcarabiden (Coleoptera, Carabidae) sowie auf die Selbstregulation von Agroökosystemen. Bayr. Landw. Jahrb., Sonderheft 2, 11-40.
- PERRY, J. N., ROTHERY, P., CLARK, S. J., HEARD, M. S., HAWES, C. (2003): Design, analysis and statistical power of the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. J. Appl. Ecol. 40, 17-31.
- PLACHTER, H. (1990): Indikatorische Methoden zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes. Schriftr. Landschaftspfl. Natursch. 32, 187-199.
- PLATEN, R., BLICK, T., BLISS, P., DROGLA, R., MALTEN, A., MARTENS, J., SACHER, P., WUNDERLICH, J. (1995): Verzeichnis der Spinnentiere (excl. Acarida) Deutschlands (Arachnida: Arachneida, Opilinoidea, Pseudoscorpionida). Arachnol. Mitt., Sonderheft 1, 1-55.
- PLATEN, R., BROEN, V. B., HERRMANN, A., RATSCHKER, U. M., SACHER, P. (1999): Gesamtartenliste und Rote Liste der Webspinnen, Weberknechte und Pseudoscorpione des Landes Brandenburg (Arachnida: Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones) mit

- Angaben zur Häufigkeit und Ökologie. Hrsg. Landesumweltamt Brandenburg. -Natursch. Landschaftspfl. in Brandenburg. 8 (Beilage), 1-10.
- PLATNICK, N. I. (1993): Advances in spider taxonomy: 1988 - 1991. Entomol. Soc. Am. Mus. Nat. History. New York.
- PILCHER, C. D., OBRYCKI, J. J., RICE, M. E., LEWIS, L. C. (1997): Preimaginal Development, Survival and field Abundance of Insect Predators on Transgenic *Bacillus thuringiensis* Corn. Biological control 26, 446-454.
- PIVA, G., PIETRI, A. (2002): Fumonisin reduction in Bt corn and effect on animal performance. *Bt-mais forum*, Biarritz/Peyrehorade Sept. 2002, Dokumentation Vorträge.
- PONS, X., LUMBIERRES, B., LÓPEZ, C., ALBAJES, R. (2004): Effects of *Bt* maize on the development of *Orius majusculus*. IOBC/wprs Bull. 27, 131-136.
- POZA, M., PONS, X., FARINÓS, G. P., LÓPEZ, C., ORTEGO, F., EIZAGUIRRE, M., CASTAÑERA, P., ALBAJES, R. (2005): Impact of farm-scale Bt maize on abundance of predatory arthropods in Spain. Crop Prot. 24, 677-684.
- PRESCHER, S., BÜCHS, W., MÜLLER, A. (2004): Species composition and biodiversity of Diptera in *Bt*-maize fields. Abstract IOBC meeting Praha, Nov.26-29, 2003, 41.
- RAISER, E. (1993): Rooks feed on larvae of maize stem borer. Gesunde Pflanzen 45, 110-112.
- RAPS, A., KEHR, J., GUGERLI, P., MOAR, W.J., BIGLER, F., HILBECK, A. (2001): Immunological analysis of phloem sap of *Bacillus thuringiensis* corn and of the nontarget herbivore *Rhopalosiphum padi* (Homoptera: Aphididae) for the presence of Cry1Ab. Molecular Ecol. 10, 525-533.
- RATHS, U., RIECKEN, U. (1999): Laufkäfer (Col.: Carabidae) im Drachenfelser Ländchen. Tierwelt in der Zivilisationslandschaft III. Schriftr. Landschaftspfl. Natursch. 59.
- RODEMANN, B., BARTELS, G. (2004): Fusariumbefall - Schadbild und Ausbreitung. Mais 1, 4-7.
- REID, L. M., WOLDEMARIAM, T., ZHU, X., STEWART, D. W., SCHAAFSMA, A. W. (2002): Effect of inoculation time and point of entry on disease severity in *Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides* or *Fusarium subglutinans* inoculated maize ears. Can. J. Pathol. 24, 162-167.
- REUTTER, M. (1999): Zearalenon und Deoxynivalenol in Getreide und Futtermitteln Schleswig-Holsteins: Untersuchungen aus dem Erntejahr 1998. Proc. 21. Mykotoxin Workshop, 5-9.
- RIECKEN, U. (1990): Ziele und mögliche Anwendungen der Bioindikation durch Tierarten und Tierartengruppen im Rahmen raum- und umweltrelevanter Planungen. Schriftr. Landschaftspfl. Natursch. 32, 9-26.

- RIECKEN, U. (2000): Raumeinbindung und Habitatnutzung epigäischer Arthropoden unter den Bedingungen der Kulturlandschaft. Tierwelt in der Zivilisationslandschaft IV. Schrifr. Landschaftspfl. Natursch. 61.
- ROBERTS, M. J. (1987): The Spiders of Great Britain and Ireland. 2, Linyphiidae.
- ROSSBERG, D., GUTSCHE, V., ENZIAN, S., WICK, M. (2002): Neptun 2000 – Erhebungen von Daten zum tatsächlichen Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel im Ackerbau Deutschlands. Berichte der BBA 98.
- ROST, M. (1997): The biological control of the corn borer. Pflanzensch. Ber. Wien 13, 5-6.
- ROTH, L., FRANK, H., KORMANN, K. (1990): Giftpilze, Pilzgifte: Schimmelpilze, Mykotoxine, Vorkommen, Inhaltsstoffe, Pilzallergien, Nahrungsmittelvergiftungen. Verlag ecomed, Landsberg am Lech.
- ROTHERY, P., CLARK, S. J., PERRY, J. N. (2002): Design and Analysis of Farm-Scale Evaluations of Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops. Proceedings of the XXIst International Biometric Conference, Freiburg, July 21-26, 2002, 351-364.
- ROY, D. B., BOHAN, D. A., HAUGHTON, A. J., HILL, M. O., OSBORNE, J. L., CLARK, S. J., PERRY, J. N., ROTHERY, P., SCOTT, R. J., BROOKS, D. R., CHAMPION, G. T., HAWES, C., HEARD, M. S., FIRBANK, L. G. (2003): Invertebrates and vegetation of field margins adjacent to crops subject to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. Phil. Trans. R. Soc. Lond. 358, 1879-1898.
- RÜMER, H., MÜHLENBERG, M. (1988): Kritische Überprüfung von „Minimalprogrammen“ zur zoologischen Bestandserfassung. Schrifr. Bayr. Landesamt f. Umweltsch. 83, 151-157.
- SAXENA, D., FLOREST, S., STOTZKY, G. (1999): Insecticidal toxin in root exudates from *Bt* corn. Nature 402, 480.
- SCHAAFSMA, A. W., MILLER, J. D., SAVARD, M. E., EWING, R. J. (1993): Ear rot development and mycotoxin production in corn in relation to inoculation method, corn hybrid and species of *Fusarium*. Can. J. Plant Pathol. 15, 185-192.
- SCHÄFER, M. (1992): Ökologie. Gustav-Fischer-Verlag, Jena.
- SCHÄFER, M., TISCHLER, W. (1983): Ökologie. Gustav-Fischer-Verlag, Jena.
- SCHEFFLER, I., KIELHORN, K.- H., WRASE, D. W., KORGE, H., BRAASCH, D. (1999): Rote Liste und Artenliste der Laufkäfer des Landes Brandenburg (Coleoptera: Carabidae) – Natursch. Landschaftspfl. in Brandenburg 8 (Beilage), 3-27.
- SCHERNEY, F. (1955): Untersuchungen über Vorkommen und wirtschaftliche Bedeutung räuberisch lebender Käfer in Feldkulturen. Z. Pflanzenbau Pflanzenschutz 2, 49-73.
- SCHERNEY, F. (1959): Unsere Laufkäfer, ihre Biologie und wirtschaftliche Bedeutung. Neue Brehm-Bücherei, Verlag Ziemsen, Wittenberg.

- SCHERNEY, F. (1961): Beiträge zur Biologie und ökonomischen Bedeutung räuberisch lebender Käferarten. Untersuchungen über das Auftreten von Laufkäfern (*Carabidae*) in Feldkulturen. Z. angew. Entomol. 47, 231-255.
- SCHMIDT, B. (2003): Gegenwärtige und künftige Potenziale für Mais als nachwachsenden Rohstoff. Mais - Kultur mit Zukunft. BASF Agrarzentrum Limburgerhof. 52-57.
- SCHNEIDER, M. (2003): Wirtschaftliche und ackerbauliche Bedeutung des Maises. Mais - Kultur mit Zukunft. BASF Agrarzentrum, Limburgerhof. 10-13.
- SCHREITER, T., ROTH, M. (1997): Einfluß verschiedener Formen der Landnutzung auf die Struktur von Coleopterenzönosen. Mitt. Deut. Ges. Allg. angew. Entomol. 11, 137-141.
- SCHÜTT, F. (2001): Moniliforminbildung von *Fusarium*-Arten unter definierten Bedingungen. Dissertation, Technische Universität Berlin.
- SCHÜTZEL, A. (2004): Synökologische Studien auf Ackerstandorten im Bundesland Sachsen-Anhalt und Möglichkeiten ihrer Nutzung in Überwachungs- und Förderprogrammen. Dissertation, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- SCHWÄHN, P., RÖDER, K. (1982): Methodische Anleitung zur Schaderreger- und Bestandesüberwachung auf EDV-Basis. Agra – Empfehlungen für die Praxis.
- SCHWERDTFEGER, F. (1975): Ökologie der Tiere. Synökologie 3. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin.
- SOBEK, E. A., MUNKVOLD, G. P. (1999): European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) Larvae as vectors of *Fusarium moniliforme*, causing kernel rot and symptomless infection of maize kernerls. J. Econ. Entomol. 92, 503-509.
- STECHMANN, D.-H. (1988): Die Bedeutung von Hecken für Nutzarthropoden in Agrarökosystemen. Angew. Wiss. 365, 31-55.
- STEIN, W. (1965): Die Zusammensetzung der Carabidenfauna einer Wiese mit stark wechselnden Feuchtigkeitsverhältnissen. Z. Morph. Ökol. Tiere 55, 83-99.
- STRAUB, R. W. (1989): Red-winged blackbird damage to sweet corn in relation to infestations of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). J. Econ. Entomol. 82, 1406-1410.
- SUMMERELL, B. A., SALLEH, B., LESLIE, J. F. (2003): A Utilitarian Approach to *Fusarium* Identification. Plant Disease 87, 117-128.
- SUNDERLAND, K. D. (1975): The diet of some predatory arthropods in cereal crops. J. Appl. Ecol. 12, 507-515.
- SUNDERLAND, K. D., VICKERMAN, G. P. (1980): Aphid feeding by some polyphagous predators in relation to aphid density in cereal fields. J. Appl. Ecol. 17, 389-396.
- SUTTON, J. C. (1982): Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. Can. J. Plant Pathol. 4, 195-209.
- SZENAZI, Á., KISS, J., TÓTH, F., SZENTKIRÁLYI, F., KÁDÁR, F., SZEKERES, D. (2004): Comparison of field samplings of sucking and chewing insects from *Bt* (Cry1Ab, Mon

- 810) and isogenic corn plots in Hungary. Abstract IOBC meeting Praha, Nov.26-29, 2003, 49.
- TATLI, F. (2002): Identification of the reactions of Bt corn (MON 810) to some mycotoxins in turkey. *Bt-mais forum*, Biarritz/Peyrehorade Sept. 2002, Dokumentation Vorträge.
- TEICH, A. H. (1989): Epidemiology of corn (*Zea mays* L.) ear rot caused by *Fusarium* spp. In: CHELKOWSKI, J. (Hrsg.): *Fusarium*. Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity, 319-328.
- TER BRAAK, C. J. F., ŠMILAUER, P. (2002): CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows User's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- THIELE, H. U. (1977): Carabid beetles in their environment. Springer-Verlag, Berlin.
- TISCHLER, W. (1956): Biozönotisches Denken und Pflanzenschutz. *Z. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz* 63, 1-6.
- TISCHLER, W. (1958): Synökologische Untersuchungen an der Fauna der Felder und Feldgehölze (Ein Beitrag zur Ökologie der Kulturlandschaft). *Z. Morph. Ökol. Tiere* 47, 54-114.
- TISCHLER, W. (1980): *Biologie der Kulturlandschaft*. Gustav-Fischer-Verlag, Stuttgart.
- TRAUTNER, J., MÜLLER-MOTZFELD, G., BRÄUNICKE, M., (1997): Rote Liste der Sandläufer und Laufkäfer Deutschlands. *Natursch. Landschaftspl.* 29, 261-273.
- TRAUTNER, J., GEIGENMÜLLER, K. (1987): Tiger Beetles, Ground Beetles - Illustrated Key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe. Verlag Josef Margraf, Aichtal.
- TREMBLAY, A., MINEAU, P., STEWART, R. K. (2001): Effects of bird predation on some pest insect populations in corn. *Agric. Ecosyst. Environ.* 83, 143-152.
- USLEBER, E., SCHNEIDER, E., MÄRTELBAUER, E. (1998): Untersuchungen zum Vorkommen von Deoxynivalenol, Zearalenon und Fumonisin in Speisegetreide. Proc. 20. Mykotoxin-Workshop, Detmold, 131-135.
- VIGIER, B., REID, L. M., SEIFERT, K. A., STEWART, D. W., HAMILTON, R. I. (1997): Distribution and prediction of *Fusarium* species associated with maize ear rot in Ontario. *Can. J. Plant Pathol.* 19, 60-65.
- VÖLKL, W., KELLER, S. (1991): Insekten als Bioindikatoren in der Landwirtschaft: Eignen sich spezialisierte Phytophage und Parasitoide? *Landwirtschaft Schweiz* 4, 493-498.
- VOLKMAR, C., BOTHE, S., KREUTER, T., LÜBKE-AL HUSSEIN, M., RICHTER, L., HEIMBACH, U., WETZEL, T. (1994): Epigäische Raubarthropoden in Winterweizenbeständen Mitteldeutschlands und ihre Beziehung zu Blattläusen. *Mitt. BBA* 299, 1-134.
- VOLKMAR, C., FREIER, B. (2003): Spinnenzönosen in *Bt*-Mais und nicht gentechnisch veränderten Maisfeldern. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.* 110, 572-582.

- VOLKMAR, C., TRAUGOTT, M., JUEN, A., SCHORLING, M., FREIER, B. (2004): Spider communities in Bt-maize and genetically modified maize fields. IOBC/wprs Bull. 27,165-170.
- VOLKMAR, C., WETZEL, T. (1992): Nebenwirkungen von Fungiziden auf räuberische Spinnen in Getreidebeständen. Mitt. BBA 283, 100.
- VOLKMAR, C., XYLANDER, E., WETZEL, T. (1998): Zur epigäischen Spinnenfauna im Mitteldeutschen Agrarraum, deren Beeinflussung durch unterschiedliche Pflanzenschutzmaßnahmen und ihre Bedeutung für den integrierten Pflanzenbau. Arch. Phytopathol. Pflanzensch. 31, 349-361.
- WACHMANN, E., PLATEN, R., BARNDT, D. (1995): Laufkäfer: Beobachtung, Lebensweise. Naturbuch-Verl. Weltbild Verlag GmbH, Augsburg.
- WADMAN, M. (1997): Dispute over insect resistance to crops. Nature 388, 817.
- WANDELER, H., BAHYLOVA, J., NENTWIG, W. (2002): Consumption of two *Bt*- and six non-*Bt* corn varieties by the woodlouse *Porcellio scaber*. Basic Appl. Ecol. 3, 357-365.
- WAQUIL, J. M., VILLELA, F. M. F., FOSTER, J. E. (2002): Resistance of *Bt* transgenic maize (*Zea mays* L.) to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Brasileira de Milho e Sorgo 1, 1-11.
- WEBER, F. (1965): Feld- und Laboruntersuchungen zur Winteraktivität der Carabiden auf Kulturfeldern. Z. Morph. Ökol. Tiere 54, 551-565.
- WETZEL, T. (1993): Genug Nützlinge auch auf Großflächen. Pflanzenschutz-Praxis 4, 16-19.
- WETZEL, T. (2004): Integrierter Pflanzenschutz und Agroökosysteme. Steinbeis-Transferzentrum, Halle/Saale und Pausa/Vogtl.
- WETZEL, T., VOLKMAR, C., LÜBKE-AL HUSSEIN, M., DREWS, F. W., JANY, D., RICHTER, L. (2000): Mit dem integrierten Pflanzenschutz ins neue Jahrtausend. Arch. Phytopathol. Pflanzensch. 33, 299-327.
- WILHELM, R., BEIßNER, L., SCHIEMANN, J. (2003): Konzept zur Umsetzung eines GVO-Monitoring in Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 55, 258-272.
- WINKELBRANDT, A. (1990): Anforderungen an Bioindikatoren (Tierarten und -gruppen) aus der Sicht von Landschaftsplanung und Fachplanungsbeiträgen von Naturschutz und Landschaftspflege. Schriftr. Landschaftspfl. Natursch. 32, 75-83.
- ZELLNER, M. (2001): <http://www.stmlf-design2.bayern.de/lbp/info/ps/maiszuensler.html>, 31.07.2004.
- ZIMMERMANN, J., BÜCHS, W. (1999): Kurzflügelkäfer (Coleoptera: Staphylinidae) in unterschiedlich intensiv bewirtschafteten Ackerflächen. Agrarökologie 32, Verlag Agrarökologie Bern, Hannover.
- ZWAHLEN, C., NENTWIG, W., BIGLER, F., HILBECK, A., (2000): Tritrophic interactions of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn, *Anaphothrips obscurus* (Thysanoptera: Thripidae)

and the predator *Orius majusculus* (Heteroptera: Anthocoridae). Environ. Entomol. 29, 846-850.

ZWAHLEN, C., HILBECK, A., HOWALD, R., NENTWIG, W. (2003): Effects of transgenic *Bt* corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. Molecular Ecol. 12, 1077-1086.

---

## 9. Anhang

### Anhang 1: Boniturskala nach HUDON und CHIANG (1991)

---

| <b>Note</b> | <b>Schadbild</b>  |
|-------------|---|
| 1           | Keinerlei Schäden an Stängel und Rispe                                  |
| 2           | Bruchstelle innerhalb der Rispe   |
| 3           | Bruchstelle unmittelbar unterhalb der Rispe                             |
| 4           | Bruchstelle im ersten Internodium unterhalb der Rispe                   |
| 5           | Bruchstelle im zweiten Internodium unterhalb der Rispe                  |
| 6           | Bruchstelle im dritten Internodium unterhalb der Rispe                  |
| 7           | Bruchstelle im vierten Internodium unterhalb der Rispe                  |
| 8           | Bruchstelle unmittelbar am Kolbenansatz                                 |
| 9           | Bruchstelle unterhalb des Kolbenansatzes oder Kolben bereits abgefallen |

---



**Anhang 2 b: Dominanzwerte (%) der Laufkäferarten (C – H) in Maisbeständen des Oderbruchs in den Versuchsjahren 2000 – 2004**

MW = Mittelwert.

|                                | 2000 Feld 1 |      |      | 2001 Feld 1 |       |       | 2002 Feld 1 |      |      | 2003 Feld 1 |       |       | 2003 Feld 2 |      |      | 2004 Feld 1 |      |      | 2004 Feld 2 |      |      |      |
|--------------------------------|-------------|------|------|-------------|-------|-------|-------------|------|------|-------------|-------|-------|-------------|------|------|-------------|------|------|-------------|------|------|------|
|                                | BT          | KV   | MW   | BT          | KV    | MW    | BT          | KV   | MW   | BT          | KV    | MW    | BT          | KV   | MW   | BT          | KV   | MW   | BT          | KV   | MW   |      |
| <i>Calathus ambiguus</i>       | 0,14        | 0,22 | 0,18 | 0,51        | 2,55  | 1,19  | 0,02        |      | 0,01 |             |       |       |             |      |      | 0,08        | 0,21 | 0,13 | 0,28        | 0,39 | 0,33 |      |
| <i>Calathus cinctus</i>        |             |      |      |             | 0,01  | 0,004 |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Calathus erratus</i>        | 0,07        |      | 0,04 | 7,43        | 13,48 | 9,44  | 0,13        | 0,11 | 0,12 |             |       |       |             |      |      | 0,61        | 0,32 | 0,49 | 0,17        | 0,39 | 0,27 |      |
| <i>Calathus fuscipes</i>       | 0,42        | 0,90 | 0,65 | 3,87        | 7,39  | 5,04  | 3,25        | 2,27 | 2,83 |             |       |       | 0,49        | 0,23 | 0,53 | 1,06        | 0,76 | 0,56 | 0,65        | 0,60 |      |      |
| <i>Calathus melanocephalus</i> | 0,07        | 0,15 | 0,11 | 0,21        | 3,04  | 1,15  | 0,02        |      | 0,01 |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             | 0,06 | 0,03 |      |
| <i>Calosoma maderae</i>        |             |      |      | 0,05        | 0,01  | 0,04  |             |      |      |             | 0,28  | 0,09  |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Carabus auratus</i>         | 3,56        | 3,88 | 3,71 | 0,08        | 0,04  | 0,06  | 1,08        | 1,06 | 1,07 | 21,31       | 21,85 | 21,48 | 1,52        | 0,16 | 0,90 | 3,36        | 1,06 | 2,40 | 0,79        | 0,71 | 0,75 |      |
| <i>Carabus granulatus</i>      | 0,07        | 0,07 | 0,07 |             |       |       | 0,08        | 0,04 | 0,06 |             |       |       |             |      |      | 0,08        |      | 0,04 | 0,06        |      | 0,03 |      |
| <i>Carabus nemoralis</i>       |             |      |      | 0,06        | 0,05  | 0,05  |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Chlaenius nigricornis</i>   |             | 0,07 | 0,04 |             |       |       | 0,02        |      | 0,01 |             |       |       |             |      |      | 0,08        |      | 0,04 |             |      |      |      |
| <i>Clivina collaris</i>        |             |      |      | 0,01        |       | 0,004 |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Clivina fossor</i>          |             |      |      |             |       |       | 0,03        |      | 0,02 |             |       |       |             |      |      | 0,08        |      | 0,04 |             |      |      |      |
| <i>Dolichus halensis</i>       | 0,28        |      | 0,14 | 0,07        | 0,03  | 0,05  | 0,06        | 0,11 | 0,08 |             |       |       |             |      |      | 0,38        |      | 0,22 |             | 0,06 | 0,03 |      |
| <i>Dyschirius chalceus</i>     |             |      |      |             | 0,01  | 0,004 |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Dyschirius globosus</i>     |             |      |      | 0,09        | 0,03  | 0,07  |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Dyschirius politus</i>      |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |       |       |             | 0,16 | 0,08 |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Harpalus affinis</i>        | 1,12        | 1,05 | 1,08 | 0,13        | 0,27  | 0,18  | 0,32        | 0,58 | 0,43 | 1,86        | 1,40  | 1,72  | 0,14        | 1,80 | 0,90 | 1,30        | 2,02 | 1,60 | 2,36        | 2,14 | 2,26 |      |
| <i>Harpalus anxius</i>         | 0,07        |      | 0,04 |             | 0,01  | 0,004 |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Harpalus distinguendus</i>  | 0,07        |      | 0,04 |             | 0,01  | 0,004 |             |      |      |             | 0,28  | 0,09  |             |      |      |             |      |      |             | 0,06 | 0,03 |      |
| <i>Harpalus latus</i>          |             |      |      |             | 0,01  | 0,004 |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Harpalus rubripes</i>       |             |      |      |             | 0,03  | 0,01  |             | 0,02 | 0,01 |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      | 0,06 | 0,03 |
| <i>Harpalus rufipalpis</i>     |             |      |      | 0,01        |       | 0,004 |             |      |      |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Harpalus signaticornis</i>  |             |      |      |             |       |       | 0,02        |      | 0,01 |             |       |       |             |      |      |             |      |      |             |      |      |      |
| <i>Harpalus tardus</i>         |             |      |      | 0,01        | 0,05  | 0,03  | 0,02        | 0,06 | 0,04 | 0,50        | 0,84  | 0,60  |             |      |      | 0,15        | 0,11 | 0,13 |             |      |      |      |

## Anhang 2 c: Dominanzwerte (%) der Laufkäferarten (L – Z) in Maisbeständen des Oderbruchs in den Versuchsjahren 2000 - 2004

MW = Mittelwert.

|                                 | 2000 Feld 1 |       |       | 2001 Feld 1 |       |       | 2002 Feld 1 |       |       | 2003 Feld 1 |       |       | 2003 Feld 2 |       |       | 2004 Feld 1 |       |       | 2004 Feld 2 |       |       |
|---------------------------------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|                                 | BT          | KV    | MW    |
| <i>Leistus terminatus</i>       |             |       |       | 0,01        |       | 0,004 |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Loricera pilicornis</i>      |             |       |       | 0,03        | 0,04  | 0,03  | 0,03        | 0,06  | 0,05  |             |       |       | 0,16        | 0,08  | 0,15  |             | 0,09  | 0,11  | 0,06        | 0,09  |       |
| <i>Microlestes maurus</i>       | 0,07        |       | 0,04  |             | 0,01  | 0,004 |             | 0,02  | 0,01  |             | 0,28  | 0,09  |             | 0,16  | 0,08  | 0,23        | 0,53  | 0,36  |             |       |       |
| <i>Microlestes minutulus</i>    | 0,98        | 0,52  | 0,76  | 0,04        | 0,15  | 0,08  | 0,05        | 0,09  | 0,06  | 0,74        |       | 0,52  | 0,14        | 0,16  | 0,15  | 0,46        | 2,77  | 1,42  | 0,62        | 0,97  | 0,78  |
| <i>Miscodera arctica</i>        |             | 0,07  | 0,04  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Nebria brevicollis</i>       |             |       |       | 0,01        |       | 0,004 |             | 0,02  | 0,01  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Notiophilus aestuans</i>     |             | 0,15  | 0,07  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       | 0,11        | 0,04  | 0,11  | 0,13        | 0,12  |       |
| <i>Notiophilus biguttatus</i>   |             |       |       | 0,01        |       | 0,004 | 0,03        | 0,04  | 0,04  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Ophonus azureus</i>          |             |       |       |             | 0,01  | 0,004 |             |       |       | 0,37        |       | 0,26  |             |       |       | 0,08        |       | 0,04  |             | 0,13  | 0,06  |
| <i>Ophonus nitidulus</i>        |             |       |       |             |       |       |             | 0,02  | 0,01  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Ophonus rufibarbis</i>       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       | 0,16        | 0,08  |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Ophonus schaubergerianus</i> |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             | 0,06  | 0,03  |
| <i>Oxytelus obscurus</i>        |             |       |       |             | 0,01  | 0,004 |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Poecilus cupreus</i>         | 5,65        | 5,00  | 5,34  | 1,45        | 1,21  | 1,37  | 3,39        | 2,38  | 2,96  | 2,60        |       | 1,80  | 4,70        | 18,36 | 10,95 | 0,69        | 0,32  | 0,53  | 0,11        |       | 0,06  |
| <i>Poecilus lepidus</i>         |             |       |       | 0,03        | 0,37  | 0,14  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Poecilus versicolor</i>      | 0,21        | 0,07  | 0,14  | 0,16        | 0,42  | 0,24  | 0,02        | 0,02  | 0,02  |             |       |       |             | 0,16  | 0,08  |             |       |       |             |       |       |
| <i>Pseudoophonus calceatus</i>  |             |       |       | 0,03        | 0,01  | 0,02  | 0,02        | 0,02  | 0,02  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Pseudoophonus griseus</i>    | 0,42        | 0,07  | 0,25  | 0,01        | 0,05  | 0,03  | 0,02        | 0,04  | 0,03  |             |       |       |             |       |       |             |       |       | 0,06        |       | 0,03  |
| <i>Pseudoophonus rufipes</i>    | 67,02       | 66,24 | 66,64 | 4,92        | 10,13 | 6,65  | 34,01       | 46,10 | 39,17 | 11,28       | 26,61 | 15,98 | 3,73        | 6,56  | 5,03  | 50,95       | 48,83 | 50,07 | 27,20       | 25,44 | 26,38 |
| <i>Pterostichus melanarius</i>  | 1,60        | 0,67  | 1,15  | 79,93       | 53,44 | 71,14 | 55,92       | 45,86 | 51,63 | 54,77       | 37,25 | 49,40 | 86,58       | 65,57 | 76,97 | 31,73       | 30,32 | 31,14 | 66,18       | 66,84 | 66,49 |
| <i>Pterostichus niger</i>       | 0,21        | 0,15  | 0,18  |             |       |       | 0,02        | 0,02  | 0,02  | 0,12        |       | 0,09  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Stomis pumicatus</i>         | 0,56        | 0,15  | 0,36  | 0,01        | 0,01  | 0,01  | 0,13        | 0,22  | 0,17  | 0,74        | 3,08  | 1,46  |             |       |       | 0,08        | 0,64  | 0,31  |             | 0,19  | 0,09  |
| <i>Synuchus vivalis</i>         | 0,07        |       | 0,04  |             |       |       |             | 0,02  | 0,01  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Trechus quadristriatus</i>   | 0,21        | 0,37  | 0,29  | 0,01        | 0,01  | 0,01  | 0,26        | 0,19  | 0,23  |             |       |       | 1,80        | 3,61  | 2,63  | 0,08        |       | 0,04  | 0,34        | 0,32  | 0,33  |
| <i>Trechus secalis</i>          | 0,14        |       | 0,07  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Trechus spec.</i>            |             |       |       |             |       |       | 0,02        | 0,04  | 0,03  |             |       |       | 0,14        |       | 0,08  |             |       |       | 0,06        |       | 0,03  |
| <i>Zabrus tenebrioides</i>      | 3,97        | 3,29  | 3,64  | 0,02        | 0,13  | 0,05  | 0,02        |       | 0,01  |             |       |       |             |       |       | 0,08        |       | 0,04  | 0,06        | 0,06  | 0,06  |

**Anhang 3 a: Dominanzwerte (%) der Spinnenarten (A – O) in Maisbeständen des Oderbruchs in den Versuchsjahren 2000 – 2003**

MW = Mittelwert, (Juvenile ausgeschlossen).

|                                 | 2000 Feld 1 |       |       | 2001 Feld 1 |       |       | 2002 Feld 1 |       |       | 2003 Feld 1 |       |       | 2003 Feld 2 |       |       |
|---------------------------------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|
|                                 | BT          | KV    | MW    |
| <i>Agelena gracilens</i>        |             |       |       | 0,03        |       | 0,02  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Alopecosa cuneata</i>        |             |       |       |             |       |       | 0,03        |       | 0,01  |             |       |       |             |       |       |
| <i>Araeoncus humilis</i>        | 1,28        | 0,84  | 1,09  | 0,61        | 0,26  | 0,44  |             | 0,06  | 0,03  | 0,24        | 0,25  | 0,24  |             |       |       |
| <i>Argenna partula</i>          |             |       |       | 0,03        |       | 0,02  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Bathyphantes gracilis</i>    | 1,49        | 5,90  | 3,39  | 0,58        | 0,59  | 0,59  | 0,85        | 0,88  | 0,87  | 0,61        | 0,86  | 0,73  | 0,23        | 1,06  | 0,62  |
| <i>Diplocephalus cristatus</i>  |             | 0,28  | 0,12  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Diplostyla concolor</i>      | 0,64        |       | 0,36  | 0,10        |       | 0,05  |             | 0,03  | 0,01  |             |       |       |             |       |       |
| <i>Drassyllus lutetianus</i>    |             | 0,28  | 0,12  |             |       |       |             |       |       | 0,12        |       | 0,06  | 0,23        |       | 0,12  |
| <i>Drassyllus praefficus</i>    |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Erigone atra</i>             | 15,57       | 14,61 | 15,15 | 6,63        | 5,15  | 5,90  | 0,69        | 1,33  | 1,03  | 7,32        | 10,91 | 9,11  | 1,85        | 8,22  | 4,82  |
| <i>Erigone dentipalpis</i>      | 0,85        |       | 0,48  | 1,92        | 1,09  | 1,51  | 0,09        | 0,14  | 0,12  | 0,61        | 1,35  | 0,98  | 0,23        | 0,27  | 0,25  |
| <i>Euophrys frontalis</i>       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       | 0,23        | 0,27  | 0,25  |
| <i>Gnathonarium dentatum</i>    |             | 0,28  | 0,12  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Gongyliidiellum murcidum</i> |             |       |       | 0,03        |       | 0,02  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Haplodrassus dalmatensis</i> |             | 0,28  | 0,12  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             | 0,27  | 0,12  |
| Lepthyphantes pallidus-Gruppe   |             |       |       | 0,03        | 0,03  | 0,03  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| Lepthyphantes tenuis-Gruppe     | 1,07        | 3,09  | 1,94  | 0,70        | 0,53  | 0,62  | 0,50        | 0,30  | 0,40  | 0,49        | 0,61  | 0,55  |             | 0,53  | 0,25  |
| <i>Meioneta beata</i>           | 0,43        | 0,28  | 0,36  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Meioneta rurestris</i>       | 10,66       | 7,58  | 9,33  | 0,70        | 0,33  | 0,52  |             | 0,14  | 0,07  | 1,46        | 1,84  | 1,65  | 1,62        | 1,86  | 1,73  |
| <i>Microlinyphia pusilla</i>    |             |       |       |             | 0,03  | 0,02  |             | 0,03  | 0,01  |             |       |       |             |       |       |
| <i>Neottiura bimaculata</i>     | 0,21        |       | 0,12  |             |       |       |             |       |       |             |       |       |             |       |       |
| <i>Oedothorax apicatus</i>      | 57,78       | 55,90 | 56,97 | 85,78       | 87,38 | 86,57 | 92,30       | 88,86 | 90,47 | 85,73       | 80,15 | 82,95 | 91,90       | 82,49 | 87,52 |
| <i>Oedothorax fuscus</i>        | 0,64        | 0,28  | 0,48  | 0,22        | 0,03  | 0,13  | 0,03        | 0,03  | 0,03  | 0,37        |       | 0,18  |             |       |       |
| <i>Oedothorax retusus</i>       |             | 0,28  | 0,12  |             |       |       |             |       |       | 0,03        | 0,01  | 0,37  | 0,25        | 0,31  | 0,80  |
| <i>Ostearius melanopygius</i>   |             |       |       | 0,10        |       | 0,05  | 0,03        | 0,03  | 0,03  |             |       |       |             |       |       |



**Anhang 4: Rohnährstoffgehalte und Energiekonzentrationen des Erntematerials von Maisfeldern der Jahre 2002 - 2004 auf Feld 1 und Feld 2 in den Varianten BT und KV (2002: KV1 und KV2)**

TS = Trockensubstanz; RA = Rohasche; RP = Rohprotein; Rfa = Rohfaser; nb. RP = nutzbares Rohprotein; RNB = Ruminale Stickstoffbilanz; NEL = Nettoenergie Laktation; MER = Metabolized Energy (Rind); n.e. = nicht erfasst.

| Jahr | Feld | Variante | Probe | TS<br>g/kg | RA  | RP  | Rfa | Stärke<br>g/kg TS | nutzb.RP<br>g/kg TS | RNB  | NEL (MJ)<br>kg/TS | MER (MJ)<br>kg/TS |
|------|------|----------|-------|------------|-----|-----|-----|-------------------|---------------------|------|-------------------|-------------------|
| 2002 | 1    | BT       | 1     | n.e.       | 50  | 73  | 212 | 286               | 127                 | -9   | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 2     | n.e.       | 58  | 81  | 158 | 381               | 135                 | -9   | 6,8               | 11,2              |
|      |      |          | 3     | n.e.       | 61  | 81  | 202 | 267               | 129                 | -8   | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 4     | n.e.       | 59  | 81  | 211 | 277               | 128                 | -8   | 6,3               | 10,5              |
|      |      |          | 5     | n.e.       | 49  | 85  | 191 | 298               | 133                 | -8   | 6,6               | 10,9              |
|      |      | KV1      | 1     | n.e.       | 61  | 74  | 205 | 245               | 127                 | -8   | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 2     | n.e.       | 63  | 70  | 199 | 247               | 126                 | -9   | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 3     | n.e.       | 75  | 77  | 199 | 232               | 127                 | -8   | 6,3               | 10,5              |
|      |      |          | 4     | n.e.       | 66  | 79  | 178 | 286               | 132                 | -8   | 6,6               | 10,9              |
|      |      |          | 5     | n.e.       | 63  | 80  | 176 | 260               | 132                 | -8   | 6,6               | 10,9              |
|      | 2    | BT       | 1     | n.e.       | 54  | 73  | 201 | 263               | 128                 | -9   | 6,4               | 10,7              |
|      |      |          | 2     | n.e.       | 71  | 83  | 216 | 218               | 127                 | -7   | 6,2               | 10,3              |
|      |      |          | 3     | n.e.       | 59  | 71  | 210 | 241               | 126                 | -9   | 6,3               | 10,5              |
|      |      |          | 4     | n.e.       | 75  | 72  | 218 | 195               | 123                 | -8   | 6,1               | 10,2              |
|      |      |          | 5     | n.e.       | 71  | 74  | 198 | 214               | 127                 | -8   | 6,4               | 10,6              |
|      |      | KV1      | 1     | n.e.       | 65  | 73  | 205 | 246               | 126                 | -8   | 6,3               | 10,5              |
|      |      |          | 2     | n.e.       | 58  | 74  | 203 | 246               | 127                 | -8   | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 3     | n.e.       | 59  | 72  | 193 | 275               | 129                 | -9   | 6,5               | 10,8              |
|      |      |          | 4     | n.e.       | 63  | 77  | 183 | 286               | 131                 | -9   | 6,6               | 10,9              |
|      |      |          | 5     | n.e.       | 68  | 71  | 196 | 267               | 127                 | -9   | 6,4               | 10,6              |
| KV2  | 1    | n.e.     | 42    | 70         | 173 | 361 | 133 | -10               | 6,8                 | 11,2 |                   |                   |
|      | 2    | n.e.     | 47    | 74         | 173 | 358 | 134 | -10               | 6,8                 | 11,2 |                   |                   |
|      | 3    | n.e.     | 45    | 67         | 154 | 393 | 134 | -11               | 7,0                 | 11,4 |                   |                   |
|      | 4    | n.e.     | 35    | 70         | 152 | 418 | 137 | -11               | 7,1                 | 11,6 |                   |                   |
|      | 5    | n.e.     | 43    | 66         | 170 | 358 | 132 | -11               | 6,8                 | 11,2 |                   |                   |
| 2003 | 1    | BT       | 1     | 341        | 68  | 64  | 251 | 199               | 118                 | -9   | 5,9               | 9,9               |
|      |      |          | 2     | 299        | 79  | 66  | 283 | n.n.              | 112                 | -7   | 5,4               | 9,3               |
|      |      |          | 3     | 334        | 55  | 59  | 256 | 217               | 116                 | -9   | 5,8               | 9,9               |
|      |      |          | 4     | 322        | 76  | 79  | 225 | 227               | 124                 | -7   | 6,0               | 10,1              |
|      |      |          | 5     | 365        | 62  | 67  | 186 | 347               | 128                 | -10  | 6,5               | 10,8              |
|      |      |          | 6     | 293        | 43  | 69  | 167 | 359               | 133                 | -10  | 6,9               | 11,3              |
|      |      |          | 7     | 269        | 65  | 70  | 267 | 232               | 117                 | -8   | 5,7               | 9,7               |
|      |      |          | 8     | 329        | 53  | 76  | 208 | 287               | 128                 | -8   | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 9     | 381        | 47  | 75  | 200 | 344               | 130                 | -9   | 6,5               | 10,8              |
|      |      |          | 10    | 336        | 53  | 73  | 200 | 328               | 128                 | -9   | 6,4               | 10,7              |
|      | KV   | 1        | 348   | 65         | 58  | 238 | 238 | 118               | -10                 | 6,0  | 10,1              |                   |
|      |      | 2        | 341   | 48         | 61  | 199 | 343 | 126               | -10                 | 6,5  | 10,8              |                   |
|      |      | 3        | 383   | 45         | 68  | 204 | 348 | 127               | -9                  | 6,4  | 10,7              |                   |
|      |      | 4        | 399   | 55         | 66  | 206 | 272 | 125               | -9                  | 6,4  | 10,6              |                   |
|      |      | 5        | 361   | 86         | 72  | 204 | 263 | 124               | -8                  | 6,2  | 10,3              |                   |
|      |      | 6        | 395   | 112        | 65  | 211 | 222 | 119               | -9                  | 6,0  | 10,0              |                   |
|      |      | 7        | 316   | 47         | 70  | 185 | 367 | 131               | -10                 | 6,7  | 11,0              |                   |
|      |      | 8        | 411   | 40         | 71  | 171 | 372 | 134               | -10                 | 6,9  | 11,3              |                   |
|      |      | 9        | 400   | 57         | 71  | 237 | 249 | 123               | -8                  | 6,1  | 10,2              |                   |
|      |      | 10       | 352   | 55         | 72  | 212 | 312 | 126               | -9                  | 6,3  | 10,5              |                   |

| Jahr | Feld | Variante | Probe | TS<br>g/kg | RA  | RP  | Rfa | Stärke | nutzb.RP<br>g/kg TS | RNB | NEL (MJ)<br>kg/TS | MER (MJ)<br>kg/TS |
|------|------|----------|-------|------------|-----|-----|-----|--------|---------------------|-----|-------------------|-------------------|
| 2003 | 2    | BT       | 1     | 359        | 53  | 83  | 201 | 241    | 131                 | -8  | 6,4               | 10,7              |
|      |      |          | 2     | 331        | 72  | 87  | 267 | 91     | 121                 | -5  | 5,7               | 9,6               |
|      |      |          | 3     | 456        | 59  | 72  | 237 | 289    | 122                 | -8  | 6,0               | 10,1              |
|      |      |          | 4     | 398        | 82  | 71  | 229 | 192    | 121                 | -8  | 6,0               | 10,0              |
|      |      |          | 5     | 434        | 49  | 76  | 191 | 311    | 131                 | -9  | 6,6               | 10,9              |
|      |      |          | 6     | 297        | 85  | 98  | 240 | n.n.   | 125                 | -4  | 5,8               | 9,8               |
|      |      |          | 7     | 303        | 60  | 90  | 196 | 157    | 133                 | -7  | 6,4               | 10,7              |
|      |      |          | 8     | 315        | 61  | 82  | 236 | 38     | 124                 | -7  | 6,0               | 10,1              |
|      |      |          | 9     | 320        | 61  | 90  | 231 | 97     | 127                 | -6  | 6,1               | 10,2              |
|      |      |          | 10    | 379        | 61  | 74  | 237 | 149    | 122                 | -8  | 6,0               | 10,1              |
|      | 2    | KV       | 1     | 350        | 51  | 62  | 186 | 338    | 127                 | -10 | 6,6               | 10,9              |
|      |      |          | 2     | 407        | 64  | 63  | 262 | 116    | 115                 | -8  | 5,7               | 9,7               |
|      |      |          | 3     | 345        | 99  | 74  | 181 | 186    | 126                 | -8  | 6,4               | 10,5              |
|      |      |          | 4     | 345        | 110 | 74  | 216 | 78     | 120                 | -7  | 5,9               | 9,9               |
|      |      |          | 5     | 395        | 66  | 79  | 242 | 145    | 123                 | -7  | 5,9               | 10,0              |
|      |      |          | 6     | 375        | 59  | 73  | 236 | 142    | 123                 | -8  | 6,1               | 10,2              |
|      |      |          | 7     | 355        | 60  | 66  | 255 | 95     | 118                 | -8  | 5,9               | 9,9               |
|      |      |          | 8     | 384        | 89  | 77  | 233 | 90     | 121                 | -7  | 5,9               | 9,9               |
|      |      |          | 9     | 351        | 60  | 71  | 191 | 238    | 129                 | -9  | 6,5               | 10,8              |
|      |      |          | 10    | 374        | 52  | 74  | 193 | 214    | 129                 | -9  | 6,5               | 10,8              |
| 2004 | 1    | BT       | 1     | 363        | 47  | 75  | 211 | 276    | 128                 | -8  | 6,3               | 10,6              |
|      |      |          | 2     | 318        | 51  | 76  | 222 | 249    | 126                 | -8  | 6,2               | 10,4              |
|      |      |          | 3     | 393        | 54  | 67  | 247 | 208    | 121                 | -9  | 6,0               | 10,1              |
|      |      |          | 4     | 390        | 44  | 80  | 204 | 305    | 131                 | -8  | 6,5               | 10,8              |
|      |      |          | 5     | 367        | 47  | 70  | 219 | 245    | 125                 | -9  | 6,3               | 10,5              |
|      | 1    | KV       | 1     | 379        | 70  | 78  | 193 | 301    | 128                 | -8  | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 2     | 380        | 50  | 72  | 218 | 260    | 126                 | -9  | 6,3               | 10,5              |
|      |      |          | 3     | 402        | 49  | 78  | 212 | 288    | 128                 | -8  | 6,4               | 10,6              |
|      |      |          | 4     | 373        | 32  | 75  | 198 | 286    | 132                 | -9  | 6,6               | 11,0              |
|      |      |          | 5     | 383        | 54  | 74  | 218 | 235    | 126                 | -8  | 6,3               | 10,5              |
|      | 2    | BT       | 1     | 307        | 53  | 83  | 200 | 195    | 131                 | -8  | 6,4               | 10,7              |
|      |      |          | 2     | 310        | 56  | 82  | 216 | 209    | 128                 | -7  | 6,3               | 10,5              |
|      |      |          | 3     | 321        | 49  | 76  | 194 | 259    | 130                 | -9  | 6,5               | 10,8              |
|      |      |          | 4     | 294        | 47  | 79  | 208 | 220    | 130                 | -8  | 6,4               | 10,7              |
|      |      |          | 5     | 307        | 54  | 80  | 200 | 232    | 130                 | -8  | 6,4               | 10,7              |
| 2    | KV   | 1        | 348   | 43         | 81  | 173 | 324 | 135    | -9                  | 6,8 | 11,2              |                   |
|      |      | 2        | 351   | 50         | 78  | 197 | 255 | 131    | -8                  | 6,5 | 10,8              |                   |
|      |      | 3        | 340   | 51         | 79  | 184 | 292 | 133    | -9                  | 6,7 | 11,0              |                   |
|      |      | 4        | 342   | 46         | 78  | 188 | 251 | 133    | -9                  | 6,6 | 11,0              |                   |
|      |      | 5        | 333   | 62         | 80  | 193 | 278 | 130    | -8                  | 6,5 | 10,7              |                   |

**Anhang 5: Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2002 auf Feld 1 und Feld 2 in den Varianten BT, KV und GE**  
 < 9 entspricht 0.

| <b>Jahr</b> | <b>Feld</b> | <b>Variante</b> | <b>Probe</b> | <b>NIV<br/>µg/kg</b> | <b>DON<br/>µg/kg</b> | <b>ZEA<br/>µg/kg</b> | <b>Fumonisin<br/>µg/kg</b> |
|-------------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| 2002        | 1           | BT              | 1            | 17,65                | 76,50                | 105,00               | < 9                        |
|             |             |                 | 2            | 0                    | 36,25                | 46,88                | < 9                        |
|             |             |                 | 3            | 20,30                | 0                    | 32,04                | < 9                        |
|             |             |                 | 4            | 21,88                | 0                    | 66,25                | < 9                        |
|             |             |                 | 5            | 25,50                | 0                    | 60,63                | < 9                        |
|             |             |                 | 6            | 23,13                | 0                    | 43,54                | < 9                        |
|             |             |                 | 7            | 18,83                | 0                    | 50,21                | < 9                        |
|             |             |                 | 8            | 28,50                | 0                    | 102,08               | < 9                        |
|             |             |                 | 9            | 18,65                | 0                    | 36,08                | < 9                        |
|             |             |                 | 10           | 47,13                | 0                    | 112,08               | < 9                        |
|             | 1           | KV              | 1            | 0                    | 321,00               | 196,00               | < 9                        |
|             |             |                 | 2            | 81,00                | 0                    | 236,00               | 173,66                     |
|             |             |                 | 3            | 198,50               | 107,00               | 69,25                | < 9                        |
|             |             |                 | 4            | 198,00               | 95,25                | 39,50                | 26,33                      |
|             |             |                 | 5            | 0                    | 350,50               | 68,75                | < 9                        |
|             |             |                 | 6            | 0                    | 449,50               | 252,50               | 135,86                     |
|             |             |                 | 7            | 0                    | 525,00               | 88,50                | 503,28                     |
|             |             |                 | 8            | 0                    | 484,00               | 155,25               | < 9                        |
|             |             |                 | 9            | 0                    | 807,50               | 138,50               | 58,64                      |
|             |             |                 | 10           | 0                    | 775,00               | 294,00               | 661,41                     |
|             | 2           | BT              | 1            | 0                    | 231,75               | 60,75                | < 9                        |
|             |             |                 | 2            | 0                    | 208,75               | 6,95                 | < 9                        |
|             |             |                 | 3            | 0                    | 218,00               | 55,50                | < 9                        |
|             |             |                 | 4            | 0                    | 224,50               | 71,50                | < 9                        |
|             |             |                 | 5            | 0                    | 870,00               | 93,00                | < 9                        |
|             |             |                 | 6            | 0                    | 1193,33              | 76,33                | < 9                        |
|             |             |                 | 7            | 0                    | 886,67               | 93,67                | < 9                        |
|             |             |                 | 8            | 0                    | 843,33               | 117,33               | < 9                        |
|             |             |                 | 9            | 0                    | 501,67               | 73,33                | < 9                        |
|             |             |                 | 10           | 0                    | 1070,00              | 123,00               | < 9                        |
| 2           | KV          | 1               | 0            | 1046,67              | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 2               | 0            | 723,33               | 64,50                | 11,07                |                            |
|             |             | 3               | 0            | 622,33               | 36,80                | < 9                  |                            |
|             |             | 4               | 0            | 1016,67              | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 5               | 155,75       | 0                    | 6,15                 | < 9                  |                            |
|             |             | 6               | 105,25       | 0                    | 14,10                | < 9                  |                            |
|             |             | 7               | 73,00        | 0                    | 7,90                 | < 9                  |                            |
|             |             | 8               | 80,00        | 0                    | 15,25                | < 9                  |                            |
|             |             | 9               | 72,00        | 0                    | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 10              | 30,55        | 0                    | 123,75               | < 9                  |                            |
| 2           | GE          | 1               | 0            | 1053,33              | 303,67               | < 9                  |                            |
|             |             | 2               | 0            | 1653,33              | 61,47                | < 9                  |                            |
|             |             | 3               | 0            | 507,33               | 80,00                | < 9                  |                            |
|             |             | 4               | 0            | 175,00               | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 5               | 0            | 207,33               | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 6               | 0            | 378,67               | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 7               | 0            | 823,33               | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 8               | 0            | 514,67               | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 9               | 0            | 260,33               | 0                    | < 9                  |                            |
|             |             | 10              | 0            | 307,00               | 0                    | < 9                  |                            |

**Anhang 6: Mykotoxinbelastung von Maisproben im Jahr 2003 auf Feld 1 und Feld 2 in den Varianten BT und KV**

| <b>Jahr</b> | <b>Feld</b> | <b>Variante</b> | <b>Probe</b> | <b>NIV<br/>µg/kg</b> | <b>DON<br/>µg/kg</b> | <b>ZEA<br/>µg/kg</b> | <b>FUM B1<br/>µg/kg</b> | <b>FUM B2<br/>µg/kg</b> | <b>FUM B3<br/>µg/kg</b> |
|-------------|-------------|-----------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 2003        | 1           | BT              | 1            | 0                    | 87,71                | 24,96                | 0                       | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 2            | 0                    | 27,17                | 0                    | 0                       | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 3            | 0                    | 28,75                | 0                    | 0                       | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 4            | 0                    | 240,63               | 17,46                | 0                       | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 5            | 0                    | 176,04               | 0                    | 0                       | 0                       | 0                       |
|             | 1           | KV              | 1            | 0                    | 290,21               | 0                    | 0                       | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 2            | 0                    | 69,58                | 14,58                | 51,80                   | 7,70                    | 2,20                    |
|             |             |                 | 3            | 0                    | 13,38                | 0                    | 0                       | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 4            | 23,20                | 132,92               | 170,63               | 0                       | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 5            | 0                    | 251,25               | 0                    | 99,60                   | 16,70                   | 3,40                    |
|             | 2           | BT              | 1            | 0                    | 422,25               | 0                    | 23,00                   | 5,30                    | 1,10                    |
|             |             |                 | 2            | 0                    | 113,50               | 0                    | 6,10                    | 3,00                    | 0                       |
|             |             |                 | 3            | 0                    | 0                    | 0                    | 5,00                    | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 4            | 0                    | 288,75               | 0                    | 6,20                    | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 5            | 0                    | 0                    | 0                    | 10,20                   | 3,00                    | 0                       |
|             | 2           | KV              | 1            | 0                    | 0                    | 0                    | 5,00                    | 0                       | 0                       |
|             |             |                 | 2            | 0                    | 0                    | 0                    | 14,90                   | 3,00                    | 1,20                    |
|             |             |                 | 3            | 0                    | 0                    | 0                    | 119,00                  | 23,50                   | 8,70                    |
|             |             |                 | 4            | 0                    | 0                    | 0                    | 24,40                   | 3,40                    | 1,10                    |
|             |             |                 | 5            | 0                    | 0                    | 0                    | 8,50                    | 0                       | 0                       |

## 10. Zeichenerklärung

|                     |   |
|---------------------|---|
| Abb.                | Abbildung   |
| BBCH                | Codierung phänologischer Entwicklungsstadien mono- und dikotyle Pflanzen ( <b>B</b> iologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, <b>B</b> undessortenamt, <b>C</b> hemische Industrie) |
| BT                  | <i>Bt</i> -Mais   |
| CCM                 | Corn-Cob-Mix (Korn-Spindel-Gemisch)   |
| Feld-Feld-Vergleich | Teilfelder mit den zu vergleichenden Varianten an einem Standort  |
| Feld 1              | Altreetz  |
| Feld 2              | Neureetz (2002), Mädewitz (2003), JWD (2004)  |
| GE                  | Insektizidanwendung   |
| Ind.                | Individuum  |
| IS                  | korrespondierende, nicht transformierte Linie zum <i>Bt</i> -Mais (isogene Linie)   |
| KV                  | konventionelle Maissorte  |
| LKS                 | Lieschkolbenschrot  |
| MER                 | Metabolized Energy (umsetzbare Energie – Rind)  |
| MW                  | Mittelwert  |
| n.a.                | nicht angegeben   |
| n.b.                | nicht berechnet   |
| n.e.                | nicht erfasst   |
| NEL                 | Nettoenergie Laktation  |
| PDA                 | Potato Dextrose Agar  |
| PU                  | Prädatoreinheit   |
| RA                  | Rohasche  |
| Rfa                 | Rohfaser  |
| RNB                 | ruminale Stickstoffbilanz   |
| RP                  | Rohprotein  |
| S. D.               | Standardabweichung  |
| SNA                 | Slight Nutrient Agar (nährstoffarmer Agar)  |
| Tab.                | Tabelle   |
| TR                  | <i>Trichogramma</i> -Anwendung  |

## 11. Danksagung

Der Umfang dieser Arbeit wäre ohne die große Unterstützung, die ich von verschiedenen Seiten erhalten habe, nicht möglich gewesen. Dafür möchte ich mich besonders bedanken bei:

Herrn Dr. B. Freier (BBA Kleinmachnow, Institut für integrierten Pflanzenschutz), Mitinitiator dieser Arbeit. Er unterstützte mich nicht nur durch seine intensive Betreuung und horizontweiternde Diskussionen, sondern auch durch direkte Mithilfe bei den Feldarbeiten. Seine Erfahrung und sein Wissen trugen ganz entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit bei.

Herrn Prof. Dr. A. Gzik (Universität Potsdam, Institut für Biochemie und Biologie) für hilfreiche Tipps und Anregungen sowie die Begutachtung der Arbeit.

Frau Prof. Dr. C. Volkmar (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenschutz) für die Determination der Spinnen sowie die Begutachtung der Arbeit.

Allen MitarbeiterInnen, DoktorandInnen, DiplomandInnen, MasterandInnen und PraktikantInnen der Arbeitsgruppe von Herrn Dr. B. Freier des Instituts für integrierten Pflanzenschutz der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Kleinmachnow. Sie haben mich nicht nur tatkräftig unterstützt, sondern auch ein sehr angenehmes Arbeitsklima geschaffen. Im Besonderen bedanke ich mich bei Birgit Schlage für ihre Unterstützung auf den Feldern und bei der Datenverarbeitung, bei Andreas Schober und Hans-Joachim Gruel für die Determination der Laufkäfer. Nele Bothe, Peter Ernst, Astrid Günther, Wiebke Hanke, Adisu Berhan Mamo, Ute Müller, Sandra Prepens, Delia Ramcke, Kristin Triebswetter und Kerstin Schumacher danke ich für die Unterstützung auf den Feldern.

Den Kollegen anderer Arbeitsgruppen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Im Besonderen Herrn Dr. B. Hommel für so manche wertvollen Diskussionen, Burkhard Golla für die Auswertung der GPS-Daten, Herrn Dr. U. Wittchen für die Bereitstellung der Klimadaten, Frau K. Reinicke und Frau H. Breitenbach für die Hilfe bei der Literaturrecherche, Herrn Dr. E. Moll und Herrn Dr. M. Wick für die kompetente Beantwortung der Fragen bezüglich der Statistik und ökologischer Parameter sowie Herrn Dr. F. Ellner für die Mykotoxinanalysen.

Den Mitarbeitern des Fachgebiets Phytomedizin der Humboldt-Universität zu Berlin unter Leitung von Frau Prof. Dr. C. Büttner für die Unterstützung bei der *Fusarium*-Bestimmung, im Besonderen Frau Dr. M. Goßmann, Matthias Saß und Silvia Kleta.

Herrn Dr. N. Mülleder und Herrn Dr. W. Voegler (Monsanto AG) für die Bereitstellung von Saatgut, der teilweisen Finanzierung sowie für alle Informationen zum Maisanbau im Oderbruch.

Herrn B. Hoffmann und Herrn W. Brand (Agrarprodukte e.G. Alttretz) für die Bereitstellung der Felder und den für die Arbeit sehr wichtigen Informationen zur Region und zum Maisanbau. Den Häcksler- und Traktorfahrern, die bei der Aussaat und Ernte sehr begeistert mitgemacht haben.

Dem Landeskontrollverband Waldsiefersdorf e. V. sowie dem Institut für Getreideverarbeitung Potsdam-Rehbrügge für die Analysen zu Qualität und Energiegehalt der Maisproben bzw. für die Fumonisin-Analysen.

Frau B. Götzke (Pflanzenschutzdienst Frankfurt/Oder) für die Bereitstellung der Daten zum Maiszünslerflug, Herrn Dr. B. Barthelmis (Bundessortenamt Güterfelde) für aktuelle Informationen zu Sorteneigenschaften und Herrn Dr. B. Wührer (AMW Nützlinge GmbH) für die kostenlose Bereitstellung von *Trichogramma*-Kärtchen. Außerdem danke ich Irene Dittrich für das Korrekturlesen.

Neben der direkten Unterstützung bei der Arbeit war der Rückhalt der Familie das noch viel Wichtigere zum Gelingen dieser Arbeit. Daher gilt mein ganz besonderer Dank meinen Eltern für die finanzielle Unterstützung während des Studiums, für das Interesse an meiner Arbeit sowie Ihr großes Verständnis, Christian und Henning für so manche „Tipps von den größeren Brüdern“, Monika, Lena und Felix für die erfrischende Ablenkung von der Arbeit. Und Dir, liebe Evi, vielen Dank für Deine Inspiration, Dein Zuhören, Deine Unterstützung und Deine Liebe.