

BioMath GmbH, Rostock<sup>1</sup>  
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit, Braunschweig<sup>2</sup>

## Biometrische Auswertung des Fragebogens zum Monitoring des Anbaus gentechnisch veränderter Maissorten – Statistische Beurteilung von Fragestellungen des GVO-Monitoring

Biometrical Analysis of Farmers' Questionnaires for the Monitoring of the Cultivation of Genetically Modified Maize Varieties – Statistical Evaluation of Monitoring Objectives

Kerstin Schmidt<sup>1</sup>, Jörg Schmidke<sup>1</sup>, Ralf Wilhelm<sup>2</sup>, Lutz Beißner<sup>2</sup> und Joachim Schiemann<sup>2</sup>

### Zusammenfassung

Das vorliegende Papier beschreibt die statistische Auswertung eines Fragebogens für Landwirte zu den Auswirkungen des Anbaus von gentechnisch veränderten Mais-Sorten (GV-Sorten) – im Vergleich zu konventionellen Sorten. Seit 2000 wurde er von verschiedenen Maiszüchtern und der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) erarbeitet und getestet, um seine Praxistauglichkeit für das Monitoring im Sinne der EU-Richtlinie 2001/18/EG über die absichtliche Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in die Umwelt zu untersuchen.

Zur statistischen Beurteilung des primären Zielkriteriums der Unbedenklichkeit im Sinne der allgemeinen überwachenden Beobachtung wurden Merkmale<sup>1</sup>, die Auffälligkeiten beschreiben, erhoben und diese auf signifikante Unterschiede zwischen GV- und konventionellem Mais getestet. Auch einzelne Fragen des fallspezifischen Monitoring – wie die Beobachtung von Maiszünsler-Larven in BT-Mais-Beständen zur Resistenzkontrolle – wurden bei der statistischen Auswertung berücksichtigt. Anbaubedingungen wie Standortfaktoren, Anbaupraxis sowie Unkraut- und Schädlingsmanagement wurden einbezogen, um eine Verzerrung in den Merkmalen auszuschließen.

Diesem Bericht lag die Erfassung von insgesamt 287 Anbauflächen in 64 Anbaubetrieben zugrunde, von denen 144 Flächen mit transgenem und 143 mit nicht-transgenem Mais bestellt waren. Insgesamt wurden 6 herbizidtolerante Sortenkandidaten auf 62 Flächen und 11 zünslerresistente Sortenkandidaten auf 82 Flächen sowie 35 konventionelle Sorten untersucht.

Bisher wurden 101 Fragebögen statistisch ausgewertet. Es wurden keine Hinweise auf schädliche Auswirkungen gefunden. Die Sorten wurden im Allgemeinen als gut wirksam und vorteilhaft beschrieben.

**Stichwörter:** Gentechnisch veränderte Pflanzen, GVO, Monitoring, Landwirte, Fragebogen, Statistik

### Abstract

This paper presents the statistical analysis of a questionnaire for farmers on effects of genetically modified higher plants (GMHP) in comparison to conventional varieties. Since 2000, it was developed and tested by maize breeders and the Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA) to examine its suitability for a monitoring in terms of EU Directive 2001/18/EC on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms.

For statistical risk assessment with regard to general surveillance certain characters<sup>2</sup> – like frequencies of plant diseases as well as beneficial and parasitic organisms – were surveyed and tested for significant differences between GM and conventional maize. Also single questions of case specific monitoring were considered. Additionally, background information on cultivation conditions like habitat factors, cultivation practices as well as weed and pest management were considered within the statistical analysis to avoid biases.

For this report 287 areas under cultivation in 64 farms were analysed, from which 144 were cultivated with GM and 143 with conventional maize. Altogether, 6 candidates of herbicide tolerant varieties at 62 areas and 11 candidates of corn borer resistant varieties at 82 areas as well as 35 conventional varieties were examined.

Up to now 101 questionnaires were analysed statistically. No hints on adverse effects could be found. The varieties in common were described to be well effective and advantageous.

**Key words:** Genetically modified plants, GMO, GMHP, monitoring, farmer, questionnaire, statistics

<sup>1</sup> Als „Merkmale“ bezeichnet man in der Mathematischen Statistik die betrachteten Charakteristika der Untersuchungsobjekte. Im Bereich des GVO-Monitoring wird dafür im Allgemeinen der Begriff „Parameter“ verwendet, der aber in der Mathematischen Statistik mit einer anderen Bedeutung belegt ist. Hier bezeichnet man mit Parametern die Kennzahlen von Verteilungen, wie z. B. Mittelwert und Streuung für die Normalverteilung. In diesem Artikel wird durchgängig der Begriff „Merkmal“ verwendet.

<sup>2</sup> In mathematical statistics the considered object features are called “characteristics”. In the range of GMO monitoring generally the term “parameter” is used, which has another meaning in statistics. Here parameters are the key figures of distributions, like mean and variance for the normal distribution. Therefore, the term “character” will be used in this paper.

## 1 Einführung

Im Rahmen des Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) auf der Basis der EU-Richtlinie 2001/18/EG (Freisetzungsrichtlinie) sind zwei Hauptstrategien der Datenerhebung gefordert:

- Das fallspezifische Monitoring, das konkreten, nicht vernachlässigbaren Risiken des GVP-Anbaus nachgeht.
- Die allgemeine überwachende Beobachtung, die vorab nicht erkannte Gefährdungspotenziale aufdecken soll.

Gerade im zweiten Fall ist eine breite Informationsbasis für die Aufdeckung unvorhergesehener schädlicher Auswirkungen erforderlich. Die Einbindung der Erfahrungen und Kenntnisse der Landwirte in das GVP-Monitoring ist daher anzustreben. Ein exakt-wissenschaftliches Forschungsprogramm ist aber als Monitoring-Routine für Landwirte zu aufwändig.

Eine Methode, die es gestattet, mit begrenztem Aufwand qualitative (kategorische) und teilweise auch quantitative Daten zu erheben, sind Interviews und Fragebögen. Damit kann bei den Landwirten im Rahmen des GVP-Monitoring eine breit nutzbare Datenbasis erhoben werden, wenn die gesammelten Daten statistisch verwertbar sind. Neben den interessierenden Kernfragen können Landwirte auch umfangreiche Hintergrunddaten, die den Einfluss verschiedenster Faktoren auf die zu untersuchenden Merkmale beschreiben, liefern. Einige dieser Daten werden so wieso vom Landwirt, z. B. in Schlagkarteien, erfasst.

Seit 2000 erarbeiten und testen verschiedene Maiszüchter und die BBA einen Fragebogen, der sich an Landwirte richtet, die GV-Mais anbauen. Der Fragebogen soll auf seine Praxistauglichkeit als Instrument für das GVO-Monitoring überprüft werden.

Im Folgenden wird die statistische Auswertung der Daten aus diesen Fragebögen dargestellt. Eine allgemeine Übersicht des Fragebogenkonzeptes findet sich bei WILHELM et al. (2004).

## 2 Beschreibung der Vorgehensweise

Die Erhebung der Daten erfolgte durch Mitarbeiter der Züchterfirmen bei den Landwirten vor Ort, die *Sortenkandidaten* von GV-Mais (im Weiteren vereinfacht „Mais-Sorten“ genannt) genehmigt anbauen. Der dazu entwickelte Fragebogen wurde als Access-Datei digitalisiert und die Daten anonymisiert eingegeben. Die Datenbank wurde so programmiert, dass schon bei der Eingabe eine Plausibilitätskontrolle vorgenommen wurde (kategoriale Felder waren mit möglichen Werten vorbelegt, metrische Felder durch mögliche Minimum- und Maximumwerte begrenzt).

Aus der Datenbank wurden Statistik-Datendateien für die Auswertung erstellt. Im SPSS (Version 10.0, SPSS Software GmbH) erfolgte eine erweiterte Qualitäts- und Plausibilitätskontrolle über die Prüfung logischer Zusammenhänge.

Ein Datensatz (Fall) in der SPSS-Datendatei beinhaltet jeweils eine Anbaufläche mit einer Maissorte. Vergleichende Angaben aus dem Fragebogen (GV-Mais vs. konventioneller Mais) waren nur den Daten der GV-Mais-Anbauflächen zugeordnet.

Die Auswertung erfolgte zunächst deskriptiv als Beschreibung des Zustandes jeweils getrennt nach GV- und konventionellem Mais. Dabei wurden für kategoriale Daten Häufigkeitsanalysen durchgeführt, für metrische Variablen wurden die statistischen Kenngrößen (Anzahl, Anzahl gültiger Fälle, Mittelwert, Median, Minimum, Maximum, Standardabweichung) berechnet. Von den wichtigsten Variablen wurde die Verteilung grafisch dargestellt (Balken-/Kreisdiagramme).

Weiterhin erfolgte eine statistische Überprüfung der Unterschiede zwischen GV- und konventionellen Vergleichssorten in

den einzelnen Merkmalen durch geeignete Testverfahren (RASCH et al., 1996).

Das **primäre Zielkriterium** der Erhebungen war, die **Unbedenklichkeit** der GVP zu bestätigen, in dem das potentielle Auftreten schädlicher Auswirkungen des GV-Mais abgeschätzt wurde. Dazu wurden Auffälligkeiten beim GV-Mais erfasst, die auf Vergleichsanbauflächen mit konventionellen Sorten nicht beobachtet wurden. Als statistische Zielgrößen wurden deshalb Merkmale erhoben, die solche Auffälligkeiten beschreiben, und diese auf signifikante Unterschiede zwischen GV- und konventionellem Mais getestet. Da solche Unterschiede auch durch unterschiedliche Anbaubedingungen wie Standortfaktoren, Anbaupraxis sowie Unkraut- und Schädlingsmanagement bedingt sein können, erfolgte eine so genannte Adjustierung dieser Kovariaten<sup>3</sup> (SCHNEIDER, 2001). Neben den statistischen Tests der entsprechenden Merkmale wurden auch einzelne, in Textform formulierte Angaben zu Auffälligkeiten gelistet und ihre Relevanz im Hinblick auf eine potentielle schädliche Auswirkung sowie ihr Kausalzusammenhang zum GV-Mais abgeschätzt.

## 3 Inhalt und Umfang der Befragung

Der Fragebogen diente dem Monitoring des Anbaus von herbizidtoleranten und zünlserresistenten GV-Mais-Pflanzen – immer im Vergleich zu konventionellen Sorten.

Über einen Zeitraum von drei Jahren (2001–2003) wurden in allen Anbaubetrieben Deutschlands, in denen herbizidtoleranter oder zünlserresistenter Mais angebaut wurde, Beobachtungs- und Messdaten erhoben. Die zu erhebenden Daten wurden von den Anmeldern bei den Anbaubetrieben ermittelt und auf den Fragebögen dokumentiert. Eingeschlossen wurden alle Maisanbauflächen (GV- und konventioneller Mais) der Betriebe.

Der Fragebogen gliederte sich in 4 inhaltliche Hauptkomplexe:

1. Betriebsdaten
2. Generelle Beobachtungen
3. Spezifische Angaben zu/Beobachtungen bei HT-Mais (T25)
4. Spezifische Angaben zu/Beobachtungen bei BT-Mais (MON810, BT 176)

Zunächst wurden die Betriebe über Stammdaten charakterisiert. Die Erfassung der Beobachtungs- und Messdaten erfolgte teils für jede Sorte selbst, teils für jedes Sortenpaar (GV vs. Nicht-GV), wenn es sich um vergleichende Betrachtungen handelte, soweit möglich zwischen isogenen Linien.

### Teil 1:

Namen und Adressen der Anbaubetriebe wurden in den Fragebögen anonymisiert und nicht weitergegeben, die Kennzeichnung in der Datenbank erfolgte nur als Betriebs-ID. Zum Betrieb selber wurden die Betriebsgröße (ha), die Maisanbaufläche (ha) unterteilt nach Silo-, Körnermais und Corn-Cob-Mix (CCM), der Betriebstyp und die betreuende Stelle erhoben.

Zu jedem Betrieb wurden die angebauten Maissorten – und zwar als Paare GV-/Vergleichssorte – erfasst. Pro Betrieb wurden also so viele Datensätze angelegt, wie es Sortenpaare im Anbau gab. In wenigen Fällen wurden in den Betrieben auch einzelne Sorten angebaut. Dann beinhaltete der entsprechende Datensatz auch nur Angaben zu dieser einzelnen Sorte; vergleichende Angaben konnten dann nicht gemacht werden oder bezogen sich auf eine andere Vergleichssorte bzw. Erfahrungswerte.

<sup>3</sup> Um einen unverzerrten Vergleich von GV- und konventionellen Pflanzen durchführen zu können, muss der Einfluss anderer möglicher Faktoren ausgeglichen werden. Hierfür werden unterschiedliche Ansätze wie Stratifikation, Kovarianzanalyse oder Ausgleichsscores genutzt (SCHNEIDER, 2001).

**Teil 2:**

In den „generellen Beobachtungen“ wurden allgemeine Anbaudaten, Angaben zum Maisanbau, zu den Sorten, zur Entwicklung des Mais, zu Krankheiten sowie zu Schädlingen, Nützlingen und Wild gemacht. Die Angaben erfolgten für jede Sorte bzw. für jedes Sortenpaar.

**Teil 3:**

Dieser Teil beinhaltete nur die Angaben zu den Paaren mit einer herbizidtoleranten GV-Sorte. Das sind Beobachtungen zum Unkrautauflkommen und zur Unkrautbekämpfung – mit Liberty Solo, Liberty Plus oder Standardherbiziden. Zudem wurde die Beurteilung des Produktes durch den Landwirt berücksichtigt.

**Teil 4:**

Hier wurden die Beobachtungen und Messungen zu den Paaren mit zünslerresistenten GV-Sorten erfragt. Dazu gehörten Angaben zum Zünslerbefall und zur Zünslerbekämpfung – chemisch, mittels *Trichogramma*, mechanisch oder durch BT-Mais. Zusätzlich wurden die Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung und Beobachtungen zum Wachstum, zu Auffälligkeiten und zur Ernte dokumentiert. Ebenso wie unter 3) wurde die Beurteilung des Produktes durch den Landwirt berücksichtigt.

Beurteilt wurde das Zielkriterium der Unbedenklichkeit der GV-Sorten über Unterschiede in Art und Auftreten von Auffälligkeiten zwischen den Sortenpaaren. Diese wurden durch verschiedene Abfragen im Fragebogen dokumentiert, wie z. B.

- bei der Herbizidtoleranz das Auftreten von Krankheiten, die Beobachtungen zu Nützlingen und Schädlingen
- bei der Zünslerresistenz das Auftreten von Zünslern und weitere Besonderheiten beim Anbau.

Bestimmte Werte wurden direkt als Vergleichswerte erhoben und beziehen sich immer auf ein Paar GV-Mais – konventioneller Mais. Diese wurden immer im gleichen Anbaubetrieb erhoben, nicht immer mit isogenen Sorten (was aber mit erfasst wurde).

In jedem Fall gab es bei den Fragen zu Auffälligkeiten die Möglichkeit der Angabe textlicher Zusatzeinträge von nicht vorhersehbaren Ereignissen.

**4 Beschreibung der Daten**

**4.1 Sorten und Anbauflächen**

Der Anbau von GV-Mais fand in den Jahren 2000 bis 2003 statt. Es erfolgte eine genaue Erfassung der Anbauflächen und der auf ihnen angebauten Sorten (Sortenkandidaten) sowie ihrer Zuordnung zu Anbaubetrieben. Die Anbauflächen stellten die Versuchseinheiten, die Sorten die Prüfglieder dar.

In 64 Anbaubetrieben, die über das gesamte Bundesgebiet verteilt waren, wurden insgesamt 287 Anbauflächen erfasst.

Von den 287 Anbauflächen waren 144 mit transgenem und 143 mit konventionellem Mais bestellt. Insgesamt wurden 6 herbizidtolerante Sorten auf 62 Flächen und 11 zünslerresistente Sorten auf 82 Flächen sowie 35 konventionelle Sorten untersucht. Die Zünslerresistenz wurde durch das BT176 oder das MON810 Event, die Herbizidtoleranz durch das Event T25 erreicht.

**4.2 Anbaubedingungen**

Diese Daten dienen zur Beschreibung von Bodenqualität, Witterung usw. und wurden vor allem erhoben, um prüfen zu können, ob GV- und konventioneller Mais den gleichen Bedingungen unterlagen, oder ob ein unmittelbarer Vergleich verzerrt sein könnte. Darüber hinaus lieferten die Daten der Fruchtfolge Hinweise auf Interferenzen der Vor- und Nachfrüchte mit dem GV-Mais z. B. in Bezug auf Schädlingsauftreten oder Konsequenzen aus/für die Herbizidanwendung in Vor- bzw. Folgekulturen.

Die Mittelwerte der Anbaudaten der beiden Gruppen „Anbauflächen mit GV-Mais“ (G) und „Anbauflächen mit konventionellem Mais“ (N) hinsichtlich Ackerzahl (G: 56,3; N: 56,6), Humusgehalt (G: 2,36; N: 2,38) und Jahresniederschlag (G: 646 mm; N: 652 mm) unterschieden sich nicht. Bezüglich der Bodenart der Versuchsfelder (Sand, Lehm) bestanden ebenfalls keine Unterschiede (Chi<sup>2</sup>-Test, P=0,990). Der Anbau fand vorwiegend auf Lehmböden statt.

In der Verteilung der Vorvor-, der Vor- und der Nachfrucht herrschte zwischen den Gruppen nahezu Übereinstimmung.

In der Verteilung der Daten des Maisanbaus (Grundbodenbearbeitung, Gerät, Aussaattermin, Bestellverfahren und Unkraut-

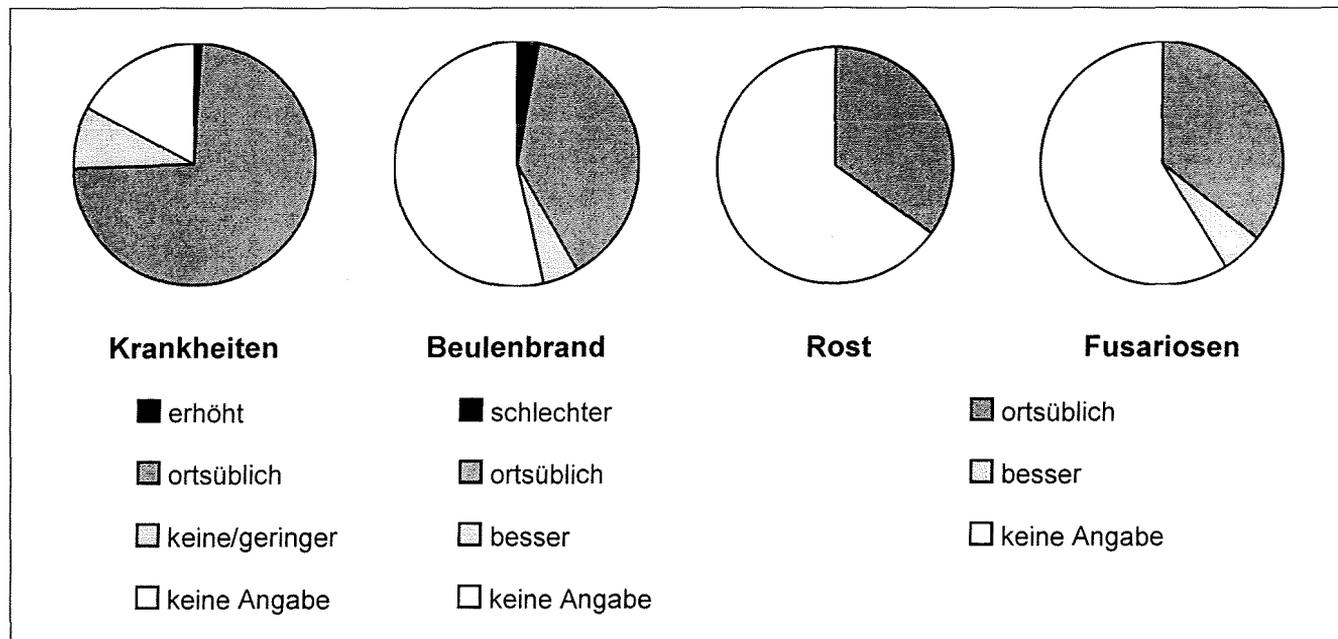


Abb. 1. Darstellung des Auftretens von Krankheiten im GV-Mais im Vergleich zum konventionellen Maisanbau.

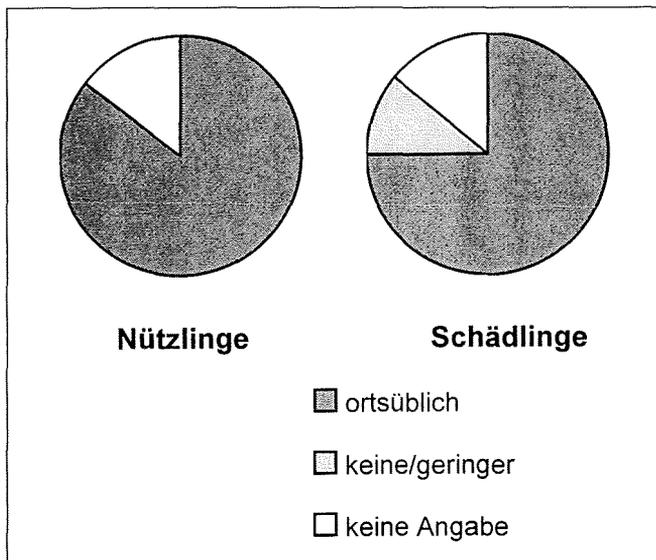


Abb. 2. Darstellung der Beobachtungen an Nützlingen und Schädlingen.

bekämpfung) gab es keine signifikanten Unterschiede. Die Grundbodenbearbeitung erfolgte vorwiegend im Herbst (G: 69 %; N: 66 %) und wendend (G: 63 %; N: 65 %). Die Flächen wurden meistens konventionell (Einzelkornsaatverfahren G: 63,3 %; N: 62,7 %) bestellt. Die Unkrautbekämpfung erfolgte chemisch (G: 92 %; N: 91 %).

Die den Anbau charakterisierenden Merkmale und damit die Anbaubedingungen unterschieden sich statistisch nicht. Eine Adjustierung der Anbaubedingungen war somit nicht notwendig. Bei der weiteren Auswertung konnte davon ausgegangen werden, dass GV-Mais und konventioneller Mais unter den gleichen Bedingungen angebaut und unterschiedliche Messungen, Beobachtungen oder Ergebnisse nicht durch diese Anbaubedingungen verursacht wurden.

### 5 Bewertung der Unbedenklichkeit der GV-Sorten

Eine Einschätzung der GV-Sorte als „unbedenklich“ konnte aus den erhobenen Merkmalen abgeleitet werden, wenn im Vorfeld festgelegt wurde, welche Abweichungen der Parameter der Merkmale vom Normalen als kritisch angesehen werden und welche nicht. Es handelte sich also um Untersuchungen der Ver-

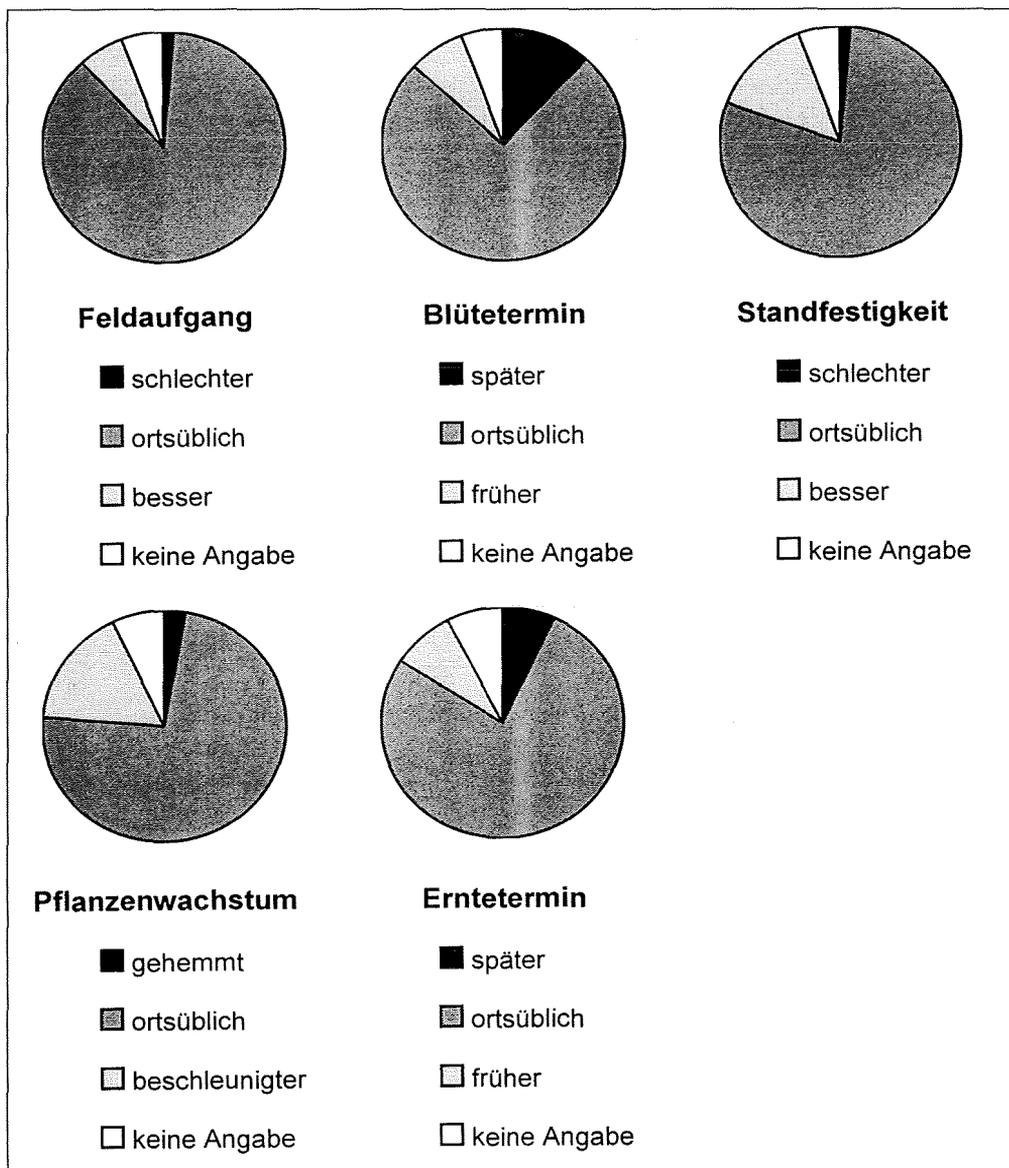
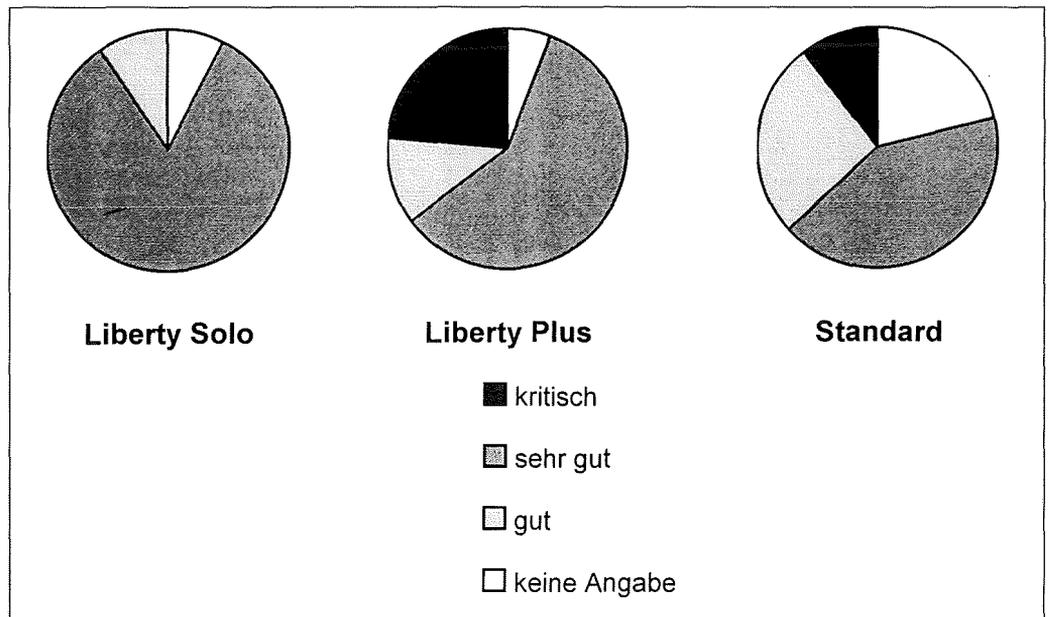


Abb. 3. Darstellung der Entwicklung des GV-Mais im Vergleich zu konventionellem Mais.

Abb. 4. Verträglichkeit des angewendeten Herbizids bzw. der angewendeten Herbizid-Mischung bei herbizidtolerantem Mais. (Liberty Solo: ausschließliche Anwendung von Liberty als Herbizid; Liberty Plus: Anwendung einer Tankmischung von Liberty und einem anderen Herbizid; Standard: Anwendung eines anderen Herbizids).



teilungen der Merkmale, wobei mit statistischen Tests aufgedeckt werden konnte, ob auftretende Abweichungen als signifikant anzusehen waren oder im üblichen Streuungsbereich der Merkmale lagen ( $\alpha = 0,05$ ). Nicht jede Abweichung war zwangsläufig ein Hinweis auf eine schädliche Auswirkung, es konnte sich auch um eine „nützliche“ Auswirkung handeln. Es war also im Vorfeld genau festzulegen,

- was als Abweichung angesehen wurde und
- wann eine Abweichung ein schädliches Potential anzeigte.

### 5.1 Generelle Beobachtungen beim Anbau

Als allgemeine Merkmale der Unbedenklichkeit wurden die Entwicklung des Mais, das Auftreten von Krankheiten sowie von Nützlingen und Schädlingen erhoben. Um Besonderheiten der Sortenausprägung abzuschätzen, die wiederum zu unerwarteten Folgen des GV-Mais-Anbaus führen könnten, wurden auch zentrale Sorteneigenschaften untersucht.

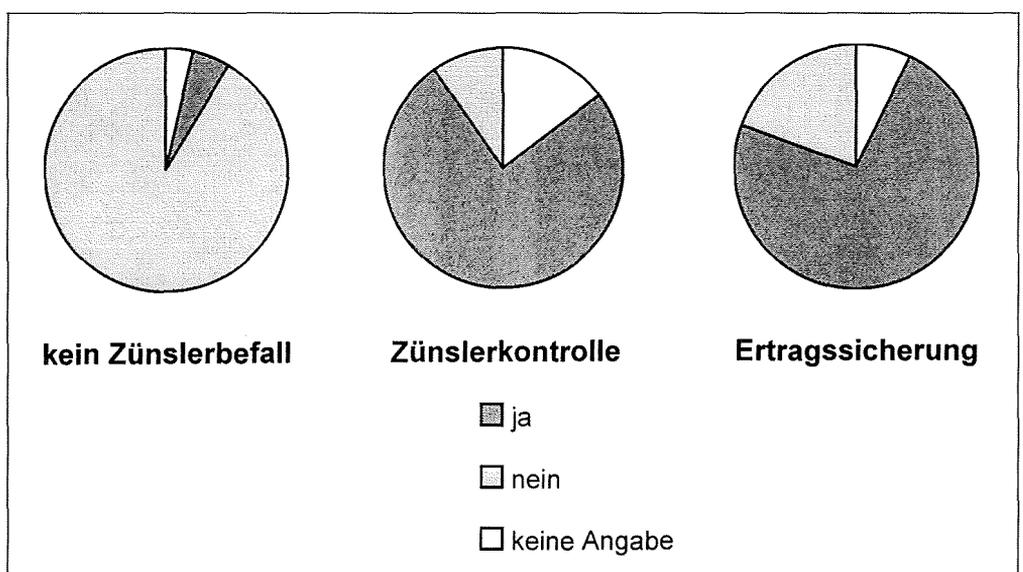
Ein vornehmliches Schutzziel der Freisetzungsrichtlinie ist die Pflanzengesundheit bzw. die allgemeine Gewährleistung des Pflanzenschutzes. Deshalb wurden unvorhergesehene Veränderungen (als direkte oder indirekte Auswirkungen) beim Auftreten

von Krankheiten und Schädlingen, die mit dem GV-Mais verbunden waren, untersucht (Abb. 1). Hinzu kam die Erfassung des Auftretens von Nützlingen (als „Nichtzielorganismen“). Es wurde erhoben, ob das Krankheits- oder Schädlings- bzw. Nützlingsaufkommen vom Ortsüblichen abwich; die Merkmalsdaten wurden auf Signifikanz solcher Abweichungen getestet (Chi<sup>2</sup>-Test). Dabei konnte lediglich eine „nützliche“ Auswirkung festgestellt werden: es traten signifikant weniger Krankheiten beim GV-Mais im Vergleich zum konventionellen Maisanbau auf (Sign.  $P < 0,001$ ).

Aus den Daten zum Auftreten von Nützlingen und Schädlingen konnte abgeleitet werden, dass auf ca. 11% der GV-Anbauflächen signifikant weniger Schädlinge auftraten,  $P < 0,001$  (Abb. 2).

Bei ca. 95% der transgenen Anbauflächen wurden Angaben zur Entwicklung des Mais gemacht (Abb. 3). Die Entwicklung verlief überwiegend ortsüblich (75–87% der Fälle). Diese Daten dienen dazu, die gewählte Anbaupraxis (z. B. Aussaattermine, aktuelle Witterungsverläufe) und Variabilität zu erfassen, um ggf. Wirkzusammenhänge zu anderen Merkmalen herstellen zu können.

Abb. 5. Beurteilung der Effektivität der Zünslerkontrolle durch BT-Mais.



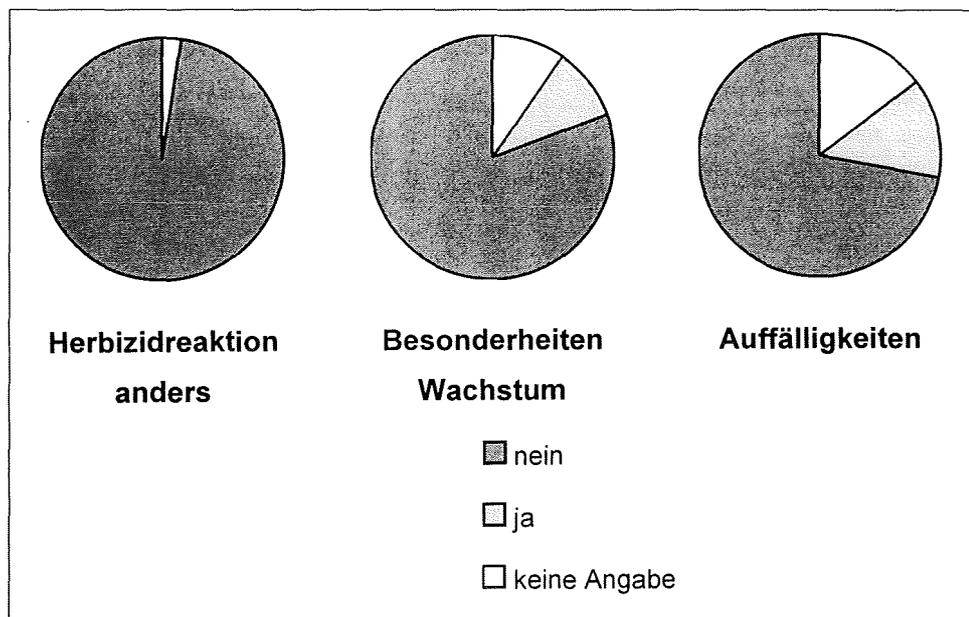


Abb. 6. Beurteilung weiterer Beobachtungsaspekte beim BT-Mais-Anbau.

### 5.2 Beobachtungen bei herbizidtolerantem Mais

Unter dem Aspekt, dass das Anbausystem HT-Mais eventuell zu einer unvorhergesehenen Verschiebung in der Unkrautflora und in Abhängigkeit davon zu Folgewirkungen (z. B. indirekt bei Nichtzielorganismen bzw. generell auf die Biodiversität) führen kann, wurde die Unkrautflora erfasst.

In die Betrachtung der Anbauflächen mit herbizidtolerantem Mais gingen 6 Sorten auf 62 Flächen ein:

Insgesamt wurden verschiedenste Unkrautarten beobachtet, am häufigsten Gänsefuß/Meldearten (82 % der Flächen), Kamille-Arten (31 %), Kletten-Labkraut (23 %), Schwarzer Nachtschatten (28 %), Vogelmiere (26 %) sowie Knöterich- und Hirsearten (25 %). 32 % der Unkräuter wurden vom Landwirt als Problem gesehen.

Als Herbizid wurde auf den Anbauflächen mit herbizidresistentem Mais entweder Liberty Solo (ohne Mischpartner) oder Liberty Plus (Tankmischungen mit anderen Maisherbiziden) angewendet.

Zur Kontrolle der Ausprägung der genetischen Veränderung wurde die Herbizid-Verträglichkeit des GV-Mais bestimmt (Abb. 4). Bei Anwendung von Liberty Solo war diese signifikant besser als die der alternativen Herbizide auf den Standardflächen ( $\chi^2$ -Test, Sign.  $P < 0,001$ ), die Verträglichkeit von Liberty Plus unterschied sich nicht signifikant von der der Herbizide auf den Standardflächen (Sign.  $P = 0,43$ ).

### 5.3 Beobachtungen bei zünslerresistentem Mais

Hier wurden neben dem Befall/Auftreten von Maiszünslern (Zielorganismen) auch die Anwendung von Herbiziden und darüber hinaus spezifische Sorteneigenschaften des BT-Mais untersucht, um etwaige Wechselwirkungen mit der landwirtschaftlichen Anbaupraxis zu erfassen.

In die Betrachtung der Anbauflächen mit zünslerresistentem Mais gingen 82 Anbauflächen ein.

Die Zünslerbefallsituation wurde überwiegend mit mittel oder hoch angegeben und die Tendenz zu 56 % als gleichbleibend und zu 38 % als zunehmend eingeschätzt.

Das Auftreten etwaig resistenter Zünsler (Monitoring-Schutzziel Pflanzenschutz/Resistenzkontrolle; RL2001/18/EG Anhang II, Leitlinien zu Anhang II) wurde erfasst, um rechtzeitig Konsequenzen im Resistenzmanagement ergreifen zu

können. Es wurde jedoch nur auf 4 BT-Maisflächen ein Befall von Zünslerlarven auf unter 1 % der Pflanzen gefunden (Abb. 5), wobei aufgrund der technisch bedingten Qualität des Saatguts bei etwa 2 % der Pflanzen keine Expression des BT-Toxins zu erwarten war.

Als **Merkmale der Unbedenklichkeit** wurden die Reaktion auf die Herbizidbehandlung, Besonderheiten beim Wachstum und Auffälligkeiten erhoben (Abb. 6).

Die Unkrautregulierung auf den BT- und den konventionellen Flächen unterschied sich nicht voneinander (vergleichende Sorten wurden gleich behandelt). Auf den Flächen wurden unterschiedlichste Herbizide in verschiedenen Tankmischungen angewendet. Die Anwendung fand zwischen Unkrautstadium 1 und 9 statt.

Alle Anbaubetriebe gaben an, dass der BT-Mais auf die Herbizidbehandlung genauso reagierte wie der konventionelle Mais. In 8 Fällen wurden Besonderheiten beim Wachstum beobachtet, die sich alle auf die Entwicklung des Mais bezogen (s. 5.1). Zu 11 Anbauflächen wurde angegeben, dass es Auffälligkeiten/besondere Beobachtungen gab. Dabei handelte es sich um besonders hohe Erträge.

Die zur Beurteilung des Auftretens etwaiger negativer Effekte des BT-Mais herangezogenen Merkmale zeigten in der Regel positivere Eigenschaften an als bei den konventionellen Sorten. Als Auffälligkeiten wurden nur Beobachtungen genannt, die die positiven Eigenschaften des BT-Mais kennzeichneten; die Sorten waren also „auffällig gut“. Insgesamt konnten aus den Untersuchungen keine Anhaltspunkte für potentielle schädliche Auswirkungen abgeleitet werden.

Die den gentechnisch veränderten Pflanzen zugesprochenen Eigenschaften wurden auf den Anbauflächen belegt und ein Auftreten resistenter Maiszünsler nicht dokumentiert.

## 6 Diskussion und Ausblick

Es sind bisher von verschiedenen Seiten Vorschläge zur Datenerhebung im Rahmen des GVO-Monitoring vorgelegt, aber oft nicht hinsichtlich der Praxistauglichkeit bewertet worden.

Wir konnten zeigen, dass Fragebögen zur Erhebung von Daten bei den Landwirten im Rahmen des GVO-Monitoring ein praktikables Werkzeug darstellen. Bei entsprechender Planung und Berücksichtigung der notwendig zu erfassenden Merkmale

für die Abschätzung des potentiellen Auftretens schädlicher Auswirkungen der angebauten GV-Sorten können statistisch abgesicherte Aussagen erlangt werden. Die Fragebogen-Methodik sollte deshalb weiter verfolgt und im Hinblick auf die in WILHELM et al. (2003) vorgestellten Schutzziele und Handlungsfelder sowie die zu ihrer Überwachung definierten Merkmale ausgebaut werden.

Zur statistischen Absicherung der Daten ist der Umfang der Befragung auf etwa 500 Fragebögen zu erhöhen. Diese Zahl resultierte aus der statistischen Versuchsplanung unter folgenden Prämissen:

Die Festlegung des notwendigen Stichprobenumfangs erfolgt in Abhängigkeit von der zugrunde liegenden statistischen Fragestellung. Es ist ein Merkmal (*Parameter*), das in dem Fragebogen erhoben werden soll, als primärer Zielparameter festzulegen und seine Verteilung zu bestimmen. Hier liegen vor allem kategoriale Daten vor. Die zugrunde liegende Fragestellung ist die Untersuchung der Verschiebung von Anteilen in diesen Kategorien, etwa von „normal“ zu „schlechter“. Das entspricht aus statistischer Sicht dem Vergleich/statistischen Test von Häufigkeiten bei Ordinaldaten. Der Stichprobenumfang wird derart bestimmt, dass mit der Stichprobe die tatsächliche Verteilung der GVP-Grundgesamtheit mit einer gewissen Genauigkeit ermittelt werden kann. Diese Genauigkeit wird definiert über die „Sicherheits-“ oder Fehlerwahrscheinlichkeiten, also die Höchstgrenzen für die Wahrscheinlichkeiten, aus den Stichprobendaten ein „falsches“ Testergebnis zu erhalten (Fehler 1. Art: man findet irrtümlicherweise einen Unterschied bzw. eine Abweichung vom Schwellenwert, Fehler 2. Art: man findet irrtümlicherweise den Unterschied bzw. eine Abweichung vom Schwellenwert nicht). Alle Fehlerwahrscheinlichkeiten lassen sich bei einer Stichprobenerhebung nicht „auf Null“ bringen, je kleiner sie allerdings werden, umso größer wird der Stichprobenumfang.

Der notwendige Stichprobenumfang ergibt sich bei Festlegung einer nachzuweisenden Abweichung von 5% (bei einer Verschiebung von mehr als 5% von „normal“ nach „schlechter“ wird von einem Effekt ausgegangen) und von Fehlerwahrscheinlichkeiten 1. Art von 5% und 2. Art von 1% (der Fehler 2. Art sollte möglichst nicht begangen werden).

Für die vorliegende Betrachtung von GV-Mais wird die Datenbasis derzeit erweitert. Eine Veröffentlichung weiterer Ergebnisse wird angestrebt.

Für eine umfassende Darstellung des Konzeptes der Fragebogengestaltung verweisen wir auf WILHELM et al. (2004).

## 7 Danksagung

Die Autoren danken den Firmen Bayer Crop Science, KWS, Monsanto, Pioneer und Syngenta für die Zusammenarbeit und

Unterstützung sowie dem Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft für die Bereitstellung der Mittel für die Arbeiten von Herrn Dr. R. WILHELM und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung der Arbeiten von Herrn Dr. L. BEISSNER im Rahmen des Verbundprojektes „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“.

## 8 Literatur

- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 17. 4. 2001: Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates; L 106/1.
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 30. 7. 2002: Leitlinien zur Ergänzung des Anhangs II der Richtlinie 2001/18/EG; Entscheidung der Kommission vom 24. Juli 2002 über Leitlinien zur Ergänzung des Anhangs II der Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates; L 200/22.
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 18. 10. 2002: Leitlinien zur Ergänzung des Anhangs VII der Richtlinie 2001/18/EG; Entscheidung des Rates vom 3. Oktober 2002 über Leitlinien zur Ergänzung des Anhangs VII der Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates; L 280/27.
- RASCH, D., G. HERRENDÖRFER, J. BOCK, N. VICTOR, V. GUIARD, 1996: *Verfahrensbibliothek Versuchsplanung und -auswertung*; Oldenbourg Verlag München.
- SCHNEIDER, B., 2001: *Methoden der Planung und Auswertung klinischer Studien*. In: RASCH, D. (Hrsg.): *Anwendungen der Biometrie in Medizin, Landwirtschaft und Mikrobiologie*. BioMath GmbH, Rostock.
- WILHELM, R., L. BEISSNER, J. SCHIEMANN, 2003: Konzept zur Umsetzung eines GVO-Monitoring in Deutschland. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **55** (11), 258–272.
- WILHELM, R., L. BEISSNER, K. SCHMIDT, J. SCHMIDTKE, J. SCHIEMANN, 2004: Monitoring des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen – Fragebögen zur Datenerhebung bei Landwirten; *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **56** (8), 184–188.

Zur Veröffentlichung angenommen: 26. Mai 2004

*Kontaktanschriften: Kerstin Schmidt und Jörg Schmidtke, BioMath – Gesellschaft für Mathematische Statistik in Biologie und Medizin mbH, Schnickmannstr. 4, D-18055 Rostock, Telefon: +49 (0)38 14 96 58 10, Fax: +49 (0)38 14 96 58 13, E-Mail: BioMath@t-online.de*  
*Dr. Ralf Wilhelm, Dr. Lutz Beißner und Dr. Joachim Schiemann, Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit, Messeweg 11/12, D-38104 Braunschweig, Telefon: +49 (0)53 12 99-3800, Fax: +49 (0)53 12 99-3013; E-Mail: j.schiemann@bba.de.*