



Fachbeiträge des Landesumweltamtes

Heft Nr. 110

Durchführung eines Pollenmonitorings an Kulturmais in FFH-Lebensräume

- Projektbericht 2008 -



Projektbericht 2008 - Modifizierte Fortsetzung von Untersuchungen des Vorjahrs im NSG Ruhlsdorfer Bruch und spezifische Erweiterungen der Felderhebungen

Auftragnehmer:

Integrierte Umweltüberwachung GbR

Im Sacke 2

37176 Nörten-Hardenberg

Dipl.-Biol. F. Hofmann, Ökologiebüro, Bremen

Dipl.-Forstw. U. Schlechtriemen, Sachverständigenbüro, Nörten-Hardenberg

Tel.: 05594-345

Fax: 05594-8364

Mail: tiem@arcor.de

Unter Mitwirkung von:

Dipl.-Biol'in U. Kuhn

Dr. W. v.d. Ohe, K. v.d. Ohe

Dr. L. Kruse, R. Epp

Dr. E. Müller, A. Kalchschmid

Dr. R. Wachter

Nörten-Hardenberg/Bremen, 30. Januar 2009

Büro Kuhn, Bremen

Landesinstitut für Bienenkunde, Celle

Impetus GmbH & Co. Bioscience KG, Bremerhaven

Genetic ID (Europe) AG, Augsburg

Aeropalynologie, Westerlogge

Wir bedanken uns beim MLUV/LUA Brandenburg für die Beauftragung und bei allen Personen und Institutionen für die geleistete Unterstützung, insbesondere: den Herren Dipl.-Agr.Ing. R. Vögel, Dr. H. Kretschmer, Dr. W. Kratz vom LUA, Herrn Dr. P. Rudolph vom MLUV, Herrn Dipl.-Biol. J. Trakat von der Unteren Naturschutzbehörde des Kreises Märkisch-Oderland, Frau Dr. S. Ober vom NABU Bundesverband, Herrn Dr. A. Lang, Universität Basel, Herrn Dr. M. Dolek, Büro Geyer & Dolek, Bayreuth, Herrn Dipl.-Biol. N. Wedl vom Büro Wedl in Müncheberg als Schutzgebietsbeauftragten, Herrn J. Succow, Imker aus Hasenholz, den Familien Ewald und Dahlke aus Ruhlsdorf sowie Herrn Lorenzen und Frau Dybek von der Naturparkverwaltung Märkische Schweiz.

Projektbericht 2007

Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Titelreihe, Heft-Nr. 109

Durchführung eines Pollenmonitorings von Mais im Naturschutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch 2007

- Umweltbeobachtung gentechnisch veränderter Kulturpflanzen -

Fachbeiträge des Landesumweltamtes, Heft Nr. 110

Durchführung eines GVO-Pollenmonitorings an Kulturmais in FFH-Lebensräumen - Projektbericht 2008 -

Modifizierte Fortsetzung von Untersuchungen des Vorjahrs im NSG Ruhlsdorfer Bruch und spezifische Erweiterungen der Felderhebungen

Herausgeber:

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)

Seeburger Chaussee 2

OT Groß Glienicke

14476 Potsdam

Tel.: 033201-442 171

Fax: 033201-43678

Internet:

<http://www.mluv.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.239586.de>

<http://www.mluv.brandenburg.de/info/lu-a-publikationen>

Bestelladresse: infoline@lua.brandenburg.de

Fachredaktion:

LUA, Referat T2 Klimaschutz, Umweltbeobachtung und -toxikologie

Rudi Vögel, Tel.-Nr.: 03334-66 2728, E-Mail: Rudi.Voegel@lua.brandenburg.de

Endredaktion:

LUA, Ref. S5 Umweltinformation, Öffentlichkeitsarbeit

Potsdam, im Mai 2009

Die Veröffentlichung erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Dritten zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Inhalt

1	Einleitung	4
2	Aufgabenstellung	4
3	Ermittlung der Maispollenexposition im Schutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch	4
3.1	Untersuchungsgebiet und Methoden	4
3.1.1	Das Untersuchungsgebiet mit Lage der Bt-Maisfelder	4
3.1.2	Festlegung der Probenahmestandorte für das Pollenmonitoring	6
3.1.3	Technische Pollensammlung mittels Passivsammler PMF	13
3.1.4	Biologische Pollensammlung mittels Bienenvölker	13
3.2	Ergebnisse zum Maispolleneintrag über die technische Pollensammlung mit dem PMF	14
3.2.1	Maispollenfluss und -deposition	14
3.2.2	Vergleich der Ergebnisse zur Maispollendeposition aus dem Ruhlsdorfer Bruch von 2008 mit den Ergebnissen und Einordnung in überregionale Erhebungen	16
3.3	Ergebnisse aus der biologischen Pollensammlung mittels Honigbienenvölker zur Pollendeposition von NZO	17
3.4	Ergebnisse der PCR-Analysen zum Nachweis des GVO-Anteils (Bt-Mais MON 810) in den Maispolleneinträgen	18
4	Voruntersuchungen zu Maispollendepositionsmessungen auf Blättern von Futterpflanzen von FFH-Indikatorarten	21
5	Vergleichsdaten zum Verlauf des Maispollenfluges von den Referenzstationen Westerloge und Delmenhorst	29
6	Bewertung	31
7	Literatur	32

1 Einleitung

Die Untersuchungsergebnisse zum Pollenmonitoring im Ruhlsdorfer Bruch aus 2007 haben erhebliche Maispolleneinträge in geschützte Lebensräume (NSG, FFH-Gebiet) sowie erhebliche Interaktionen zwischen Insekten und Maispollen (Bienensammlung) belegen können (Landesumweltamt 2008, Hofmann et al. 2008). Nachdem ein Unbedenklichkeitsnachweis derartiger Kontaminationen auf Lebensräume und geschützte Arten nicht vorliegt, wurden auf Grundlage des Naturschutzrechts (FFH-RL, BbNatschG) Maßnahmen zur Gefahrenabwehr für die Anbausaison 2008 ergriffen. Ein Runderlass des MLUV weist auf die Notwendigkeit von Verträglichkeitsuntersuchungen bei beabsichtigtem Anbau von Bt-Mais innerhalb eines 800 m Abstandes zu einem FFH-Gebiet mit besonderen Lebensraumtypen bzw. Artvorkommen hin (Runderlass des MLUV vom 27.03.2008 http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2318/bt_mais.pdf).

Die Untersuchungen in 2008 haben zum Ziel eine Fortsetzung der Expositionsmessungen zur Kontrolle und Absicherung der Ergebnisse aus 2007, um gegebenenfalls abweichenden Jahreswitterungsverlauf, den Einfluss von Anbauumfang und -abständen sowie spezifische Witterungsereignisse und kleinräumige Besonderheiten besser beurteilen zu können; weiterhin sollten Voruntersuchungen zu Pollendepositionen auf ausgewählten Futterpflanzen erfolgen.

2 Aufgabenstellung

Im Einzelnen stellen sich folgende Aufgaben:

- Ermittlung der Exposition von Kulturmaispollen in FFH-Lebensräumen mittels technischer und biologischer Pollensammlung gemäß VDI-RL 4330 Bl. 3 + 4 inkl. Analyse der gewonnenen Proben auf GVO-Bestandteile der Bt-Maislinie MON810 (quantitative PCR) mit Vergleich zu den Ergebnissen aus 2007.
- Methodische Vorarbeiten zur Ermittlung von Pollendepositionen in situ auf ausgewählten Nahrungspflanzen von Indikatorarten für FFH-Gebiete.
- Vergleichsdaten zum zeitlichen Verlauf des Maispollenfluges von der Referenzmessstation ländlicher Raum in Westerloge.

3 Ermittlung der Maispollenexposition im Schutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch

3.1 Untersuchungsgebiet und Methoden

3.1.1 Das Untersuchungsgebiet mit Lage der Bt-Maisfelder

Das NSG Ruhlsdorfer Bruch wurde im Rahmen des Nationalparkprogramms der DDR 1990 als Naturschutzgebiet innerhalb des Naturparks Märkische Schweiz ausgewiesen. Grund dafür waren insbesondere die sehr reiche Ausstattung des Gebietes mit extensiv genutzten und sehr artenreichen Feuchtwiesenbiotopen im Zentrum sowie die naturnahen Kalk- und Sandtrockenrasen in den Hangbereichen. Aufgrund der reichen Ausstattung mit FFH-Lebensräumen wurde das NSG durch das Land Brandenburg unter der Kennziffer DE 3450-302 als FFH-Gebiet an die Europäische Kommission gemeldet. Für FFH-Gebiete mit besonders geschützten Arten und Lebensräumen gilt ein sogenanntes Verschlechterungsverbot. Eine Beschreibung des Schutzgebietes mit den dort vorkommenden, besonders geschützten Schmetterlingsarten wird im vorangegangenen Untersuchungsbericht gegeben (Landesumweltamt 2008).

Im Bereich des Schutzgebietes Ruhlsdorfer Bruch wird seit 2005 GVO-Maisanbau der Sorte Bt-Mais MON 810 angebaut. Die flurstücksgenauen Angaben finden sich unter http://194.95.226.237/stareg_web/showflaechen.do?ab=2007&d-16544-p=11, Flächen 530 bis 562.

Eine Übersicht über die Entwicklung des Bt-Maisanbaus im Bereich des Schutzgebietes Ruhlsdorfer Bruch wurde von Molzahn (2009) erstellt und findet sich in Abbildung 1. Die Bt-Maisanbauflächen 2008 im Bereich des Schutzgebietes und dessen Umgebung sind in Abbildung 2 verzeichnet. Die Darstellung zeigt die Grenzen des Schutzgebietes, den 800 m-Abstand gemäß des Erlasses sowie einen 1.000 m-Abstand.

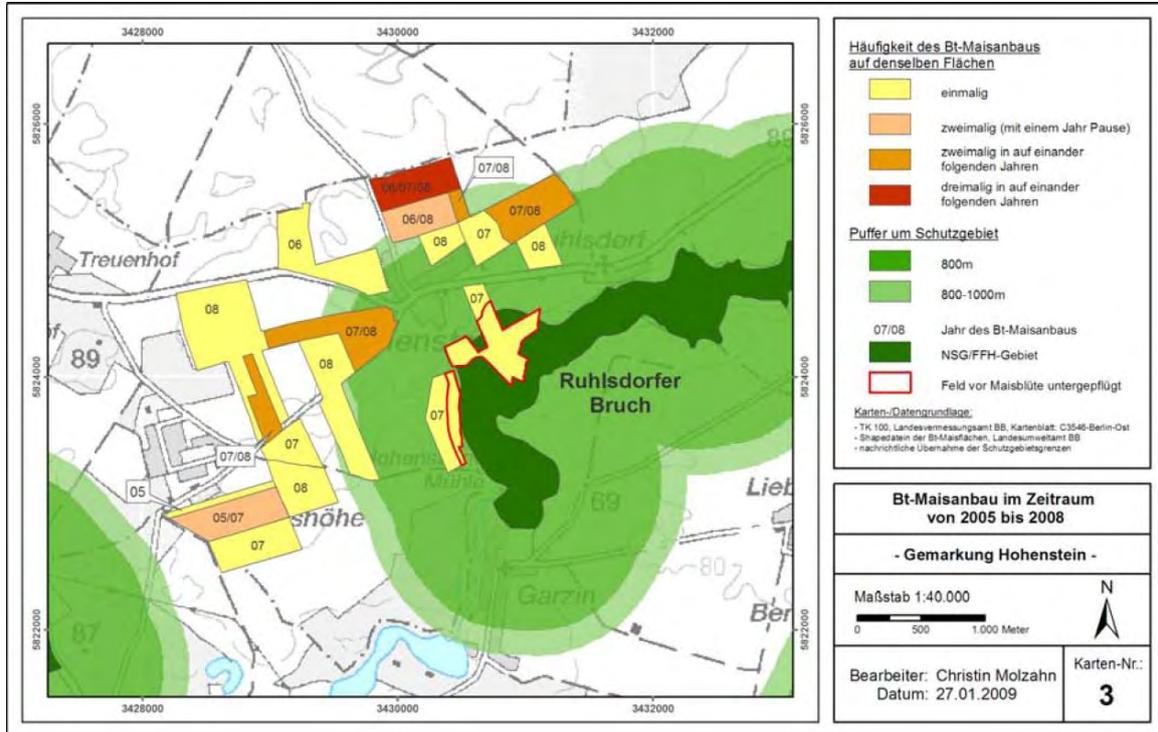


Abb. 1: Übersicht über den Bt-Maisanbau 2005 bis 2008 im Bereich des Schutzgebietes Ruhlsdorfer Bruch (NSG/FFH) (aus: Molzahn 2009)

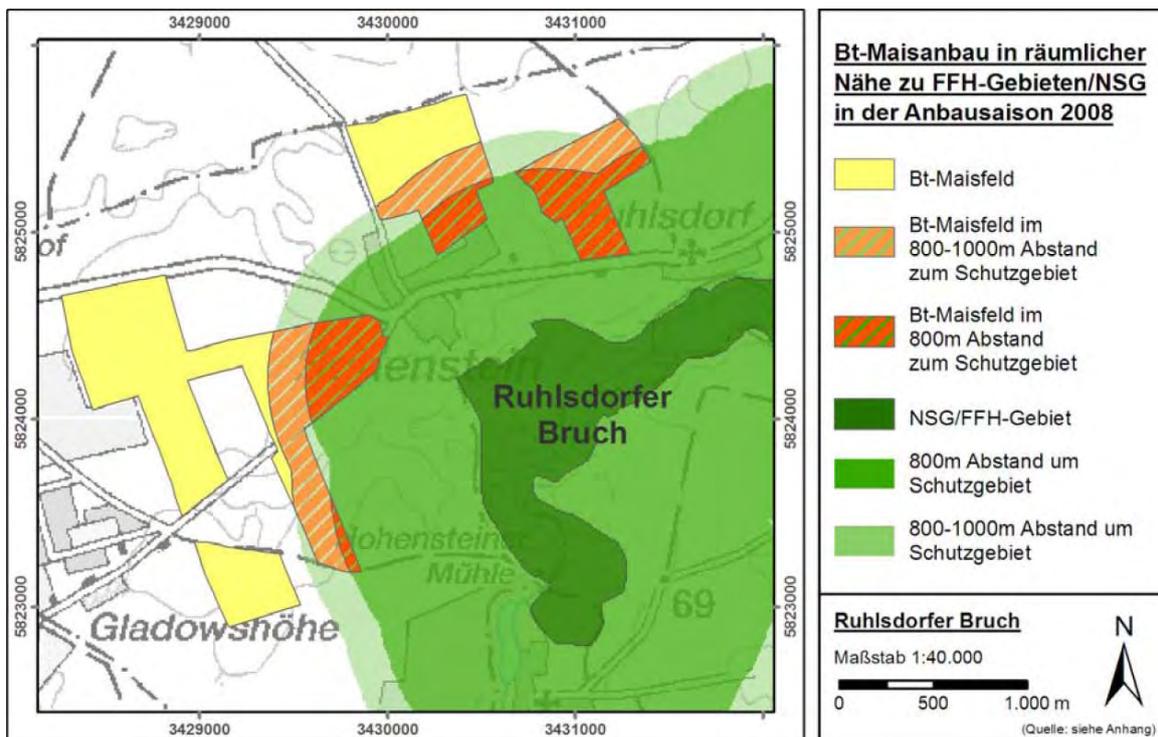


Abb. 2: Bt-Maisanbau in räumlicher Nähe zum Schutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch (NSG/FFH) in der Anbausaison 2008. (aus: Molzahn 2009)

3.1.2 Festlegung der Probenahmestandorte für das Pollenmonitoring

Zur Prüfung der Maispollenexposition im Bereich des Schutzgebietes Ruhlsdorfer Bruch wurden analog zur Vorgehensweise in 2007 die gemäß VDI-Richtlinien 4330 Bl. 3 und 4 standardisierten technischen und biologischen Pollensammler eingesetzt.

Für das normierte Verfahren sind Vergleichsdaten aus überregionalen Erhebungen vorhanden (Hofmann 2007), so dass eine Einordnung der Messdaten möglich ist und die ansonsten notwendigen Referenzerhebungen entfallen.

In 2008 wurden acht Untersuchungsstandorte ausgewählt, die fünf unterschiedlichen Bereichen zugeordnet sind. Die Lage der Standortbereiche und Probenstandorte geht aus der Übersichtskarte in Abb. 3 hervor, in der auch die nächstgelegenen Maisfelder eingezeichnet sind:

Drei Kernbereiche (I, II und IV) wurden im Schutzgebiet mit insgesamt fünf Messstandorten ausgewählt, die auf Grund der dort vorhandenen Habitate seltener und geschützter Schmetterlinge von vordringlichem Interesse waren.

Im Kernbereich I im südwestlichen Teil des Schutzgebietes (siehe Abb. 4) erfolgten wie in 2007 die Erhebungen an drei Standorten (S1-3) in 5 m, 25 m und 120 m Abstand zum nächsten Maisfeldrand mit technischen Pollensammlern sowie am Standort (B1) mit zwei Völkern der Honigbiene zur biologischen Pollensammlung (siehe Abb. 5 bis Abb. 7).

Der Kernbereich II befindet sich in zentraler Lage (siehe Abb. 9) und wurde ebenfalls bereits in 2007 untersucht. In 2008 wurde jedoch zur Kontrolle nur ein Standort (S4) in 80 m Abstand zum Maisfeldrand inmitten des Schutzgebietes mit technischen Pollensammlern belegt (siehe Abb. 8).

Neu hinzugekommen ist in 2008 der Kernbereich IV weiter nordöstlich im Schutzgebiet (siehe Abb. 9), der mit zwei Standorten (S5 und S6) zur technischen Pollensammlung in 170 m bzw. 250 m Entfernung vom nächsten Maisfeldrand bedacht wurde (siehe Abb. 10 und Abb. 11). Es ist der Bereich im Schutzgebiet, der dem Bt-Maisanbau am nächsten kommt, das angemeldete GVO-Maisfeld befindet sich in ca. 250 m Abstand zur Schutzgebietsgrenze.

Der Standortbereich III liegt nordwestlich außerhalb des Schutzgebietes vor der in nordöstlicher Richtung nächstliegenden Bt-Maisfläche. 2008 wurden dort am Standort (S7) in 20 m Entfernung vom Feldrand technische Pollensammler aufgestellt (siehe Abb. 12 und Abb. 13).

Der Standortbereich V mit Standort S8 befindet sich an der Schutzgebietsgrenze auf einer gedachten Linie vom Kernbereich I im Schutzgebiet nach Nordwesten hin zum Standortbereich III mit dem nächstliegenden angemeldetem Bt-Maisanbau (siehe Abb. 4, Abb. 9 und Abb. 14).



Abb. 4: Standortbereiche I und V zur Pollensammlung: Bereich I: Inmitten Schutzgebietes, westlicher Teil

Standorte technischer Sammler PMF

S1 (Abstand nächstes Maisfeld 5 m; #21),
 S2 (Abstand nächstes Maisfeld 5 m 25 m; #22-23),
 S3 (Abstand nächstes Maisfeld 5 m 120 m; #24-26)

Biologische Sammlerin Honigbiene B1, 2 Völker a-b

Bereich V: Schutzgebietsgrenze

Standorte technischer Sammler PMF
 S8 (Abstand 10 nächstes Maisfeld 5 m m; #37-38)



Abb. 5: Bereich I, südwestliche Kernzone Schutzgebiet, Standorte für technische Pollensammlung mit PMF S1 (#21) und S2 (#22-23), Installation am 11.7.08; Honigbiene B1 (Proben: 2 Völker a-b); Abstand nächstes Maisfeld: S1: 5 m, S2: 25 m



Abb. 6: Bereich I, Kernzone Schutzgebiet, Standort S3 mit technischen Pollensammlern PMF (#24-26), Abstand nächstes Maisfeld 120 m, Installation am 11.7.08



Abb. 7: Bereich I, Kernzone Schutzgebiet, Standort B1 für biologische Pollensammlerin mit Völkern der Honigbiene (2 Völker a-b für Probenahme)



Abb. 8: Bereich II, Kernzone Schutzgebiet, Standort S4 für technische Sammler PMF (#33-35), Abstand nächstes Maisfeld 80 m, Installation am 11.7.08



Abb. 9: Standortbereiche II und IV inmitten des Schutzgebietes, nordöstlicher Teil Bereich II
Standorte technischer Sammler PMF
Bereich IV
Standort technischer Sammler PMF

<p>S4 (Abstand nächstes Maisfeld 80 m; #34-36)</p>	<p>S5 (Abstand nächstes Maisfeld 170 m; #31-33)</p> <p>S6 (Abstand nächstes Maisfeld 250 m; #29-30)</p>
--	---



Abb. 10: Bereich IV, Standort S5, Technische Sammler PMF (#31-33), Kernzone des Schutzgebietes, Abstand nächstes Maisfeld 170 m, Installation am 11.7.08



Abb. 11: Bereich IV, Standort S6, Technische Sammler PMF (#29-30), Kernzone des Schutzgebietes, Abstand nächstes Maisfeld 250 m, Installation am 11.7.08

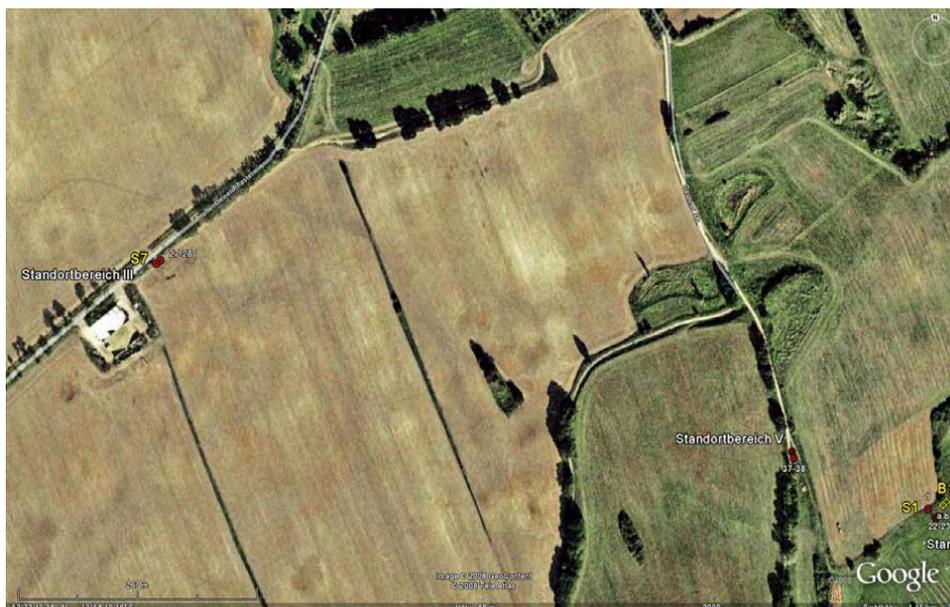


Abb. 12.: Standortbereiche III und V:
 Bereich III außerhalb (nordwestlich) des Schutzgebietes bei angemeldetem Bt-Maisfeld
 Standort technischer Sammler PMF S7 (Abstand nächstes Maisfeld 20 m; #27-28)
 Bereich V an Schutzgebietsgrenze
 Standort technischer Sammler PMF S5 (Abstand nächstes Maisfeld 170 m; #31-33)
 S6 (Abstand nächstes Maisfeld 250 m; #29-30)

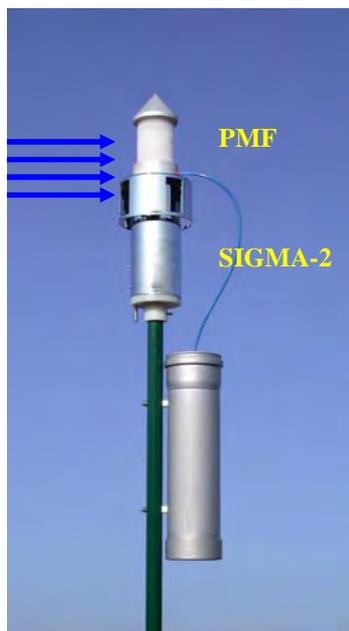


Abb. 13: Bereich III, Standort S7, Technische Sammler PMF (#27-28), Abstand nächstes Maisfeld 20 m (mit Bt-Maisanbau angemeldet), Installation am 11.7.08



Abb. 14: Bereich V, Standort S8, Technische Sammler PMF (#37-38), an der Grenze des Schutzgebietes, Blick vom Schutzgebiet nach Nordwesten, Abstand nächstes Maisfeld 10 m (im Schutzgebiet, nächstes Maisfeld mit Bt-MON810-Anbau nordwestlich in ca. 500 m Entfernung, Installation am 11.7.08

3.1.3 Technische Pollensammlung mittels Passivsammler PMF



Die technische Pollensammlung wurde mit dem Passivsammler PMF/Sigma-2 gemäß VDI-Richtlinie 4330 Bl. 3 (2007) durchgeführt. Die Bestimmung von Maispollenfluss und -deposition erfolgten hierbei über den Pollenmassenfilter PMF gemäß Hofmann (2007). Der PMF besteht aus einem luftdurchlässigen Filterkörper, der bevorzugt größere Aerosole über $10\ \mu\text{m}$ aus dem Luftstrom abscheidet, zu denen die Pollen mit Durchmessern von $10 - 120\ \mu\text{m}$ gehören. Maispollen weisen Durchmesser von $60 - 120\ \mu\text{m}$ auf und zählen zu den größeren Pollen.

Der horizontale Pollenfluss über den Blühzeitraum (T) kennzeichnet die per Wind verdriftete Anzahl an Pollen pro Quadratmeter (m^2) senkrechter Bezugsfläche. Daraus wird die Maispollendeposition ermittelt, die die Anzahl Maispollen angibt, die sich pro m^2 ebener Bezugsfläche (Standardgröße) absetzen.

Das Verfahren ist für Maispollen bei Hofmann (2007) ausführlich beschrieben.

Abb. 15: Der technische Pollensammler PMF mit Sigma-2 gemäß VDI-Richtlinie 4330 Bl. 3 (2007)

Die technische Pollensammlung stellt eine Punktsammlung dar. Sie ist abhängig von der relativen Lage des Messpunktes zur Quelle und wird durch die Windverhältnisse wie Windrichtung und -stärke, thermische Effekte sowie die Topographie beeinflusst. Mit der technischen Sammlung wird der tatsächliche Eintrag am Messort bestimmt, so dass sich die räumliche Variation des Polleneintrages ermitteln lässt.

Gemäß VDI-RL 4330 Bl. 3 ist zur Erfassung des Pollenfluges eine ausreichende Fallzahl an Sammlern pro Standort vorzusehen, die sich am zu erwartenden Eintrag der Zielpollenart (hier Maispollen) und den Nachweisgrenzen der Analysesysteme orientiert.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurden insgesamt 18 Sammler während der Maispollenblüte an acht Standorten aus fünf Bereichen exponiert.

Die Pollenproben wurden gemäß der Richtlinie und vergleichbar zu 2007 aufbereitet, mikroskopisch auf Pollenart und -anzahl hin analysiert sowie die Maispollen- und Gesamtpollenanzahl quantifiziert. Die Bestimmung von Maispollenfluss und -deposition erfolgte anhand der PMF-Proben gemäß HOFMANN (2007).

Die Sammlerproben wurden für die molekularbiologische DNA-Analyse per Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) in 2008 für jeden Standortbereich als Mischprobe aufbereitet, über Separationstechniken der Maispollenanteil angereichert und daraus die DNA isoliert. Per quantitativer PCR (TaqMan) erfolgte der Nachweis auf Maisgene und transgene Bestandteile (Bt-Mais MON810) analog zu 2007 über zwei akkreditierte Analyselabors, die über einschlägige Erfahrung mit der Pollenmatrix verfügen (Genetic ID (Europe) AG; Impetus GmbH & Co. Bioscience KG). Aus den gemessenen ct-Werten wurden über Eichkurven zertifizierter DNA-Referenzlösungen die jeweiligen Gehalte an Mais-DNA und Bt-MON810 berechnet und daraus gemäß Vorschrift der prozentuale GVO-Anteil in den Maispollenproben ermittelt.

3.1.4 Biologische Pollensammlung mittels Bienenvölker

Die biologische Pollensammlung erfolgte wie in 2007 mittels Völkern der Honigbiene (*Apis mellifera* L.) gemäß VDI-Richtlinie 4330 Bl. 4 (2006) mit den für Mais erforderlichen spezifischen Anpassungen (Europäisches Normungsverfahren CEN TC264 WG 29). Im Gegensatz zum technischen Sammler als Punktsammler stellt die biologische Pollensammlung mit Völkern der Honigbiene eine flächenbezogene Raumsammlung dar. Die sammelnden Flugbienen durchstreifen aktiv die Umgebung des

Bienenstockes. Die Sammlung ist u. a. abhängig von der Sammelaktivität der Bienen, der Stärke der Völker, dem vorhandenen Trachtangebot und der Trachtpräferenz der Bienen. Ein Bienenvolk befliegt ein Areal von >10 km² bis 75 km², in Ausnahmefällen bis 150 km² (Seeley 1985). Technische und biologische Sammlung ergänzen sich daher (siehe Hofmann et al. 2005).

Mais zählt zu den Windblütlern, die Blüte weist keinen Nektar auf, so dass Mais nicht zu den attraktiven Trachten zählt. Dennoch wird Maispollen von Bienen in geringen Anteilen gesammelt. Er ist sehr proteinhaltig und wird zur Larvenaufzucht verwendet. Für das Maispollenmonitoring werden wie in 2007 Pollenhöschen als Sammelmatrix verwendet (CEN TC264 WG 29).

Die Pollensammlung erfolgte in Kooperation mit dem vor Ort ansässigen Imker (Herr Succow), der die Völker bereitstellte und die Probenahmen nach den Vorgaben durchführte. Zur Kontrolle wurde der bereits in 2007 untersuchte Standortbereich I ausgewählt und mit drei Völkern besetzt, von denen zwei der eigentlichen Probengewinnung dienen. Für die Zielpollenart Mais wurden wie in 2007 die Pollenhöschen an den Hinterbeinen der Bienen als geeignete Sammelmatrix gewählt. Das Einsammeln erfolgte mittels einer handelsüblichen Pollenfalle (Bezugsquelle: Fa. Holtermann) als Fluglochvorsatz mit Rundlochkamm als Abstreifer.

Die Exposition der Völker erfolgte im Zeitraum vom 11.07. bis 9.08.2008. Die Pollenfallen wurden jeweils montags, mittwochs und freitags für einen Sammeltag in der Zeit zwischen 5.00–9.00 Uhr und 18.00–22.00 Uhr fängig gestellt. Beginnend am 18.7. entstanden 10 Sammeltage. In 2008 wurden die beiden Völker am Standortbereich I getrennt ausgewertet, um weitere Erkenntnisse zum differenzierten Sammelverhalten der Bienen zu erlangen. Auf diese Weise ergaben sich 20 Proben.

In den Pollenhöschenproben der einzelnen Tagesfänge wurden in Kooperation mit dem Landesbieneninstitut in Celle (Dr.v.d.Ohe, K.v.d.Ohe) mikroskopisch die Maispollenanteile festgestellt. Anschließend wurde für die standortrepräsentative Analyse die Gesamtprobe der Pollen pro Standort aufgelöst und homogenisiert und eine repräsentative Unterprobe mikroskopisch quantitativ auf Mais- und Gesamtpollen gemäß VDI-RL 4330 Bl. 4 analysiert. Aus der Gesamtprobe wurden dann über Separationstechniken die Proben aufgereinigt und der Maispollenanteil auf > 50 % angereichert. Daraufhin erfolgte eine erneute quantitative mikroskopische Bestimmung von Mais- und Gesamtpollen. Anschließend wurden repräsentative Unterproben von zwei mit der Matrix erfahrenen, akkreditierten Labors (Genetic ID (Europe) AG; Impetus GmbH & Co. Bioscience KG) auf Mais-DNA und Bt-Mon810 per quantitativer PCR (TaqMan) mehrfach unter Anwendung von Verdünnungsreihen analysiert und daraus der prozentuale GVO-Anteil bestimmt.

3.2 Ergebnisse zum Maispolleneintrag über die technische Pollensammlung mit dem PMF

Mit den Ergebnissen der technischen Pollensammler lassen sich die Einträge der Pollen in das Schutzgebiet erfassen und damit eine Exposition der dort ansässigen Nichtzielorganismen abschätzen.

3.2.1 Maispollenfluss und -deposition

Der Messzeitraum umfasste die Hauptblüte vom 11.7. – 9.8.2008, wobei am Standort 8 die Sammler abweichend erst am 18.7.08 nach Einsetzen der Maisblüte exponiert werden konnten, so dass hier nur ein Teil des Blühzeitraumes erfasst wurde, die Auswertung erfolgt daher für diesen Standort semi-quantitativ. Insgesamt wurden Ergebnisse von 8 Standorten aus 5 Bereichen, die mit insgesamt 18 Sammlern bestückt waren, quantitativ ausgewertet. Die Sammler waren in Abständen zwischen 5 m bis 250 m vom nächsten Maisfeldrand positioniert.

Die erfassten Maispollenanzahlen in den PMF-Proben gehen aus der Tabelle 1 hervor und wiesen, abhängig von der Entfernung, Werte von 18.400 Maispollen in 5 m Entfernung vom Maisfeldrand bis 5.600 Maispollen in 120 m Entfernung auf, in der weitesten Entfernung von 250 m wurden noch 8.200 Maispollen ermittelt. Dabei variierte der relative Anteil von Maispollen in der Pollenprobe von 1,5 % bis 12 %.

Der horizontale Maispollenfluss über den Blühzeitraum (T) kennzeichnet die per Wind verdriftete Anzahl an Maispollen pro m² Bezugsfläche. Für die Standorte im Schutzgebiet ergaben sich daraus Werte von 6.571.000 Maispollen/m² in 5 m Entfernung bis 667.000 Maispollen/m² in 120 m Entfernung und 1.464.00 Maispollen/m² in 250 m.

Die Maispollendeposition gibt die Anzahl Maispollen an, die pro m² ebener Fläche (Standardgröße) sich absetzen. Hier wurden Werte von 657.000 Maispollen/m² in 5 m Abstand vom Feldrand bis 67.000 Maispollen/m² in 120 m ermittelt, für den weitesten entfernten Standort in 250 m wurden noch 146.000 Maispollen/m² gemessen.

In Fütterungsversuchen von Schmetterlingslarven wird meist als Einheit die Maispollenanzahl pro cm² genommen, die entsprechenden Werte finden sich in der folgenden Spalte – Pollen werden von Schmetterlingslarven bevorzugt angesteuert und aufgenommen (Fehlke & Langenbruch 2005), der für den Fraß relevante Aktionsradius wird von Freilandbiologen als sehr variabel beschrieben (Art, Individuum, Entwicklungsstadium) und reicht von einigen 10 cm² bis zu mehreren hundert cm² (Mittlg. M. Dolek) – Die letzte Spalte weist die Deposition pro ha Fläche aus, so dass sich daraus die Maispollendeposition für ein Areal, wie zum Beispiel die Schutzgebietsfläche, abschätzen lässt.

An allen Messstandorten im Ruhlsdorfer Bruch wurden auch in 2008 erhebliche Maispolleneinträge festgestellt. Die Pollendepositionen erreichten Werte von 657.000 Maispollen/m² im Nahbereich eines Maisfeldes. Selbst an dem mit 250 m am weitesten vom nächsten Maisfeld entfernten Standort im Schutzgebiet wurden noch 146.000 Maispollen/m² nachgewiesen.

Tab. 1: Ergebnisse der quantitativen Pollenanalyse des technischen Pollensammlers PMF mit Angabe von Maispollenfluss und -deposition

Abstand Feldrand	Standort	Bereich	Fallzahl	Maispollenanzahl	Maisanteil	Maispollen-			
						Fluss	Deposition		
m	Nr.	Nr.	k	n/Probe	%	n/m ² T	n/m ² T	n/cm ² T	n/haT
5	1	1	1	18.400	12 %	6.571.000	657.000	66	6,6E+09
10	8	5	2	>12.000	2 %	>2.143.000	>214.000	>21	>2,1E+09
20	7	3	2	18.200	4 %	3.250.000	325.000	33	3,3E+09
25	2	1	2	14.400	6 %	2.571.000	257.000	26	2,6E+09
80	4	2	3	13.400	6 %	1.595.000	160.000	16	1,6E+09
120	3	1	3	5.600	4 %	667.000	67.000	7	6,7E+08
170	5	4	3	10.600	2 %	1.262.000	126.000	13	1,3E+09
250	6	4	2	8.200	1,5 %	1.464.000	146.000	15	1,5E+09

T = Expositionszeitraum / Blühzeitraum 11.7. – 9.8.08 (Ausnahme Nr. 8, Expositionszeitraum T 18.7. – 9.8.08)

Abstand Feldrand in m vom nächstgelegenen Maisfeld

Fallzahl k = Anzahl Sammler pro Standort

Maispollenanzahl n pro Probe bezieht sich auf Standortprobe mit k Sammler Standorte 1-6 und 8 liegen im NSG/FFH-Gebiet, Standorte 1-6 inmitten des Schutzgebietes und Standort 8 am Rand; Standort 7 liegt außerhalb in der Nähe eines Maisfeldes mit angemeldetem Anbau von Bt-Mais MON810; Standort 8 konnte erst nachträglich am 18.7.08 ausgebracht werden, so dass nur ein Teil des Blühzeitraumes erfasst wurde und dementsprechend die Auswertung semi-quantitativ erfolgte.

3.2.2 Vergleich der Ergebnisse zur Maispollendeposition aus dem Ruhlsdorfer Bruch von 2008 mit den Ergebnissen von 2007 und Einordnung in überregionale Erhebungen

Auf der unteren waagerechten Achse ist logarithmisch der Abstand zum nächstgelegenen Maisfeld in m aufgetragen. Die Messwerte umfassen hierbei einen Entfernungsbereich von 0,3 m (Abstand zur nächsten Maispflanze im Feld) bis 3.300 m zum Feldrand. Die rechte senkrechte Achse kennzeichnet, ebenfalls logarithmisch, die Maispollendeposition als Anzahl Maispollen pro m² (Standardeinheit). Die linke senkrechte Achse ist in der Einheit Anzahl Maispollen pro cm² gehalten, die bei Fütterungsversuchen gebräuchlich ist.

In Hofmann (2007) wurde die Beziehung zwischen Maispollenfluss, Maispollendeposition und Abstand zum nächstgelegenen Maisfeld von 122 Standorten überregionaler Erhebungen statistisch analysiert. Die Ergebnisse aus den Untersuchungen des Ruhlsdorfer Bruches aus 2007 und 2008 lassen sich mit den gewonnenen Erfahrungswerten aus den überregionalen Erhebungen aus den Jahren 2001 bis 2006 vergleichen, die im Hinblick auf Abstandsregelungen ausgewertet wurden. Die Daten wurden mit demselben, nach VDI 4330 Bl. 3 standardisierten Verfahren PMF gewonnen, so dass eine vergleichbare Datenbasis für eine derartige Analyse vorlag. Die Datenbasis beinhaltet dabei unterschiedliche Feldgrößen und Lagestrukturen, unterschiedliche Himmels- und Windrichtungen sowie verschiedene Regionen und Anbaujahre. Das Ergebnis der Analyse in Abb. 16 zeigt auf, mit welchen Depositionen in Abhängigkeit vom Abstand zum nächstliegenden Maisfeld unter normalen Anbaubedingungen zu rechnen ist.

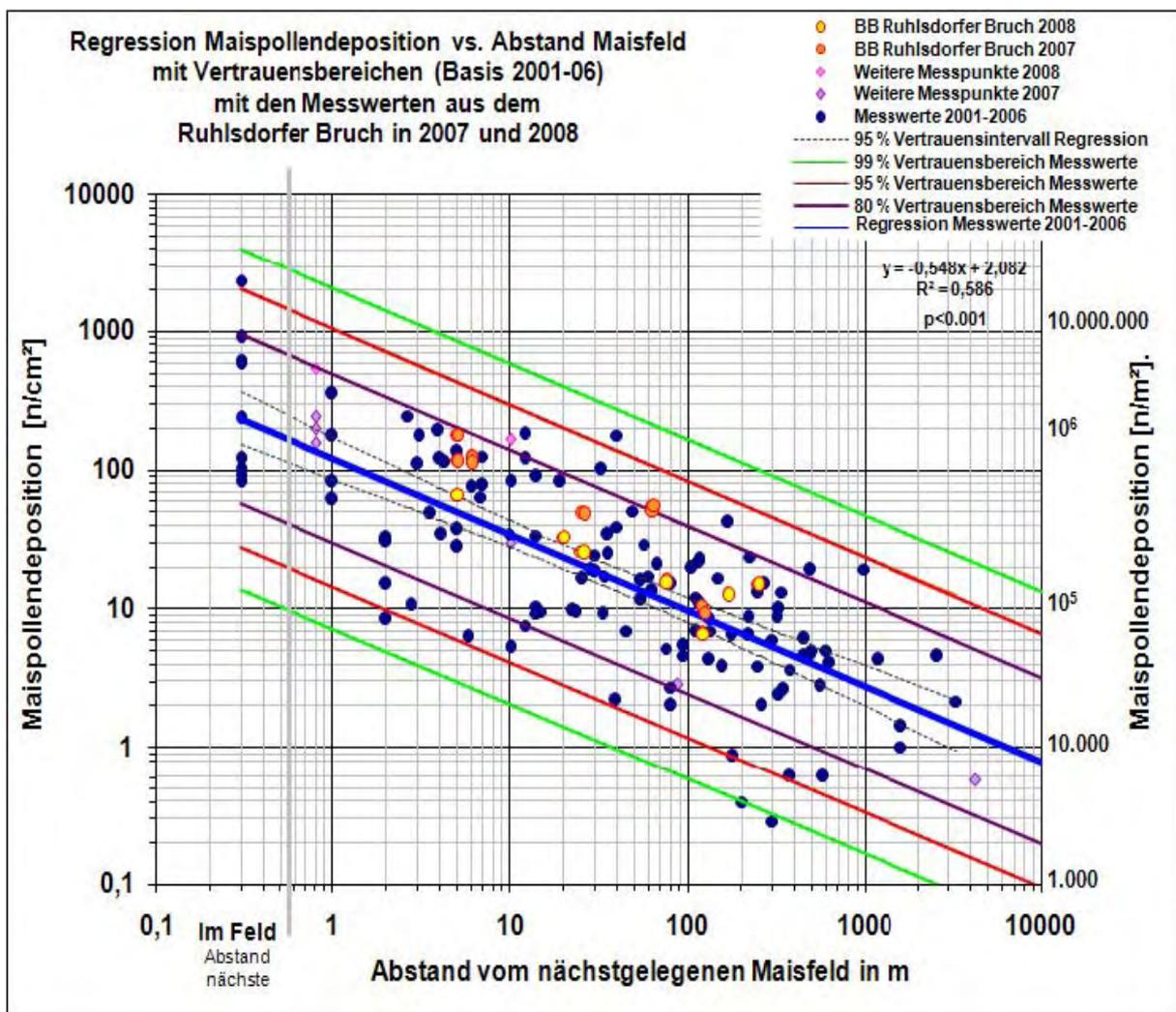


Abb. 16: Einordnung der Messergebnisse aus dem Ruhlsdorfer Bruch von 2008 und 2007 in den Regressionszusammenhang Maispollendeposition versus Abstand Maisfeld aus Hofmann (2007)

In der Grafik gibt die blaue Linie die statistisch mittlere Regressionsbeziehung von Maispollendeposition und Abstand zum Maisfeld an. Die Parameter der Beziehung sind in der Grafik rechts oben angegeben. Der Bezug ist hochsignifikant, die unterbrochenen blauen Linien geben den 95%-Vertrauensbereich der Regressionsgeraden an. Die Vertrauensintervalle für Einzelmessungen sind über die farbigen Linien gekennzeichnet. Die blauen Punkte zeigen die Basismesswerte aus den Jahren 2001 bis 2006 an. Die Variation über dem Abstand wird wesentlich durch den Einfluss von Windrichtung, Topografie, Anbaufläche sowie Ausprägung der Maisblüte bedingt. Die Ergebnisse aus den Messungen im Ruhlsdorfer Bruch in 2007 sind als orange-rote Punkte dargestellt, die Ergebnisse aus den Messungen in 2008 als gelb-rote Punkte.

Die Ergebnisse zur Maispollendeposition im Ruhlsdorfer Bruch aus 2008 bestätigen die Ergebnisse aus 2007. Die Messwerte sowohl aus 2007 als auch aus 2008 weisen einen ähnlichen Abstandstrend wie die überregionalen Erhebungen auf und fügen sich in die Regressionsbeziehung ein. Die Einträge fallen hierbei im Mittel in beiden Jahren überdurchschnittlich aus, in 2007 noch höher als in 2008. Der Bereich über 100 m konnte in 2008 bis 250 m über mehrere Standorte erweitert und belegt werden.

3.3 Ergebnisse aus der biologischen Pollensammlung mittels Honigbienvölker zur Pollenexposition von NZO

Mit den Ergebnissen der Bienvölker lässt sich abschätzen, inwieweit Nichtzielorganismen betroffen sein können, die aktiv die Maispflanzen auch außerhalb der Schutzgebietsgrenzen anfliegen und Maispollen aufnehmen. Die Pollen sammelnden Honigbienen dienen damit als Indikator für die Exposition umherstreifender NZO.

Die Umsetzung der beiden Bienvölker in das Gebiet erfolgte in der 2. Juliwoche. Das reiche Trachtangebot im Schutzgebiet erlaubte eine gute Gewöhnung der Bienvölker an den neuen Standort und sicherte deren weitere Entwicklung. Die Sammlung der Pollenhöschen über die Abstreifer am Flugloch wurde am 18.7. begonnen und erfolgte ohne Komplikationen, die intermittierende Beprobung bewährte sich (Damit die Bienen nicht verhungern oder Ausweichstrategien entwickeln, müssen Pausen zwischen den Sammeltagen liegen). Von beiden Völkern wurden über den Messzeitraum von 28 Tagen jeweils 10 Tagesproben an Pollenhöschen gewonnen, so dass insgesamt 20 Tagesproben zur Auswertung vorlagen.

Aus Tabelle 2 gehen die Tagesfänge der Pollenhöschen in Gramm für beide Völker getrennt sowie für den Standort insgesamt hervor. Angegeben ist auch der in den Tagesproben per Binokular und Mikroskop abgeschätzte Maispollenhöschenanteil in Prozent. Unten angegeben ist die Gesamtmenge der Pollenprobe pro Volk und Standort in Gramm sowie der repräsentativ, per quantitativer mikroskopischer Analyse bestimmte Maispollenanteil in Prozent und in absoluter Pollenanzahl – Maispollenhöschen enthalten auf Grund der Größe der Maispollen weniger Pollen als die meisten anderen Pollenarten, deren Pollen sehr viel kleiner ausfallen. Der Maisanteil auf Höschenebene (Volumen) fällt daher höher aus und ist ungenauer als die repräsentative Auszählung der Einzelpollen (Pollenanzahl) in der Gesamtprobe – Für die am Standort insgesamt von den Bienen gesammelte Maispollenanzahl wurde berücksichtigt, dass die Sammlung mit Abstreifern intermittierend erfolgte, in unserem Falle an 10 von 28 Tagen und die Fänge entsprechend auf den Gesamtzeitraum bezogen umgerechnet.

Wie in 2007 wurden auch in 2008 von den Bienvölkern Maispollen eingetragen. Trotz vorhandenen reichhaltigen Trachtangebotes im Schutzgebiet fliegen die Bienen aktiv die Maispflanzen in der Umgebung an und sammeln den Maispollen.

Hierbei ist eine dem Sammelverhalten der Bienen entsprechende hohe Variabilität sowohl zwischen den Tagesfängen als auch innerhalb einzelner Tagesproben festzustellen. Insgesamt weisen die Tagesfänge an Maispollen beider Völker am Standort ähnliche Verläufe auf. Der Schwerpunkt der Maispollensammlung lag 2008 im Juli. Der maximale Anteil an Maispollenhöschen trat bei beiden Völkern am 23.7.08 auf und betrug bei Volk A 40 % und bei Volk B 24 %, in der Tagesprobe für den Standort gemittelt bei 32 %. In den Tagesfängen im August wurden hingegen keine Maispollen festgestellt.

Der Maispollenanteil beider Völker am Standortbereich 1 fiel 2008 mit 2 - 3 % in der Gesamtprobe deutlich höher aus als in 2007 (0,3 %). Insgesamt wurden von beiden Völkern am Standortbereich I ca. 467 Millionen Maispollen eingetragen und damit noch mehr als in 2007.

Die Ergebnisse der mikroskopischen Pollenanalyse der Bienenhörschen belegen, dass die Bienen beider Völker Maispollen sammelten. Wenngleich Mais nicht die Haupttracht darstellt, ergaben sich auf Grund der großen Sammelleistung der Bienen über den Blühzeitraum erhebliche Mengen an Maispollen, die eingetragen wurden.

Tab. 2: Menge der Pollenhörschen mit Maispollenanteil in den Tagesfängen sowie in der Gesamtprobe für die beiden Völker am Standortbereich I

	Volk A		Gesamt		Volk B		Standortbereich I	
	Probe	Maisanteil	Probe	Maisanteil	Probe	Maisanteil	Probe	Maisanteil
Tagesfänge der Hörschen	g	% (Vol.)	g	% (Vol.)	g	% (Vol.)	g	% (Vol.)
18.07.2008	29	11,0%	33	25,0%	62	18,5%		
21.07.2008	11	4,0%	9	12,0%	20	7,6%		
23.07.2008	39	24,0%	39	40,0%	78	32,0%		
25.07.2008	42	2,0%	41	0,5%	83	1,3%		
28.07.2008	41	0,1%	40	0,5%	81	0,3%		
30.07.2008	16	<0,1%	8	<0,1%	24	<0,1%		
01.08.2008	12	<0,1%	14	<0,1%	26	<0,1%		
04.08.2008	0,4	<0,1%	1	<0,1%	1,4	<0,1%		
06.08.2008	6	<0,1%	3	<0,1%	9	<0,1%		
08.08.2008	10	<0,1%	10	<0,1%	20	<0,1%		
Summe	206 g		198 g		404 g			
Anteil Maispollen in % (Pollenanzahl)		2,0%		3,0%		2,7%		
Anzahl Maispollen in der Probe (10 Tagesproben)		56.000.000		111.000.000		167.000.000		
geschätzte Anzahl gesammelter Maispollen über Sammelzeitraum (28 Tage)		156.000.000		311.000.000		467.000.000		

3.4 Ergebnisse der PCR-Analysen zum Nachweis des GVO-Anteils (Bt-Mais MON 810) in den Maispolleneinträgen

Die DNA der Pollenproben aus den technischen und biologischen Sammlern wurde molekularbiologisch per quantitativer PCR auf Mais-DNA und transgene DNA des GVO Bt-Mais MON 810 untersucht.

Die Ergebnisse aus den PCR-Analysen zum Nachweis des GVO-Anteils in den Maispolleneinträgen der biologischen und technischen Sammler der beiden akkreditierten PCR-Labors sind in Tabelle 4 im Einzelnen dargestellt. Die Angaben zu den GVO-Anteilen beziehen sich auf die Maispollen und geben den Anteil an Bt-Mais MON 810 an.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse aus den PCR-Analysen für die fünf Standortbereiche zusammenfassend dargestellt. In beiden Matrices und an allen untersuchten Standortbereichen wurde DNA von Mais und von der transgenen Bt-Maissorte MON 810 in den Pollenproben nachgewiesen.

Tab. 3: Ergebnisse der PCR-Analysen aus der technischen und biologischen Pollensammlung für die Standortbereiche

	Standortbereich	Mais-DNA	Anteil GVO Bt-Mais MON 810	
			2008	2007
Biologische Pollensammlung Honigbiene Höschenpollen	I A	positiv	1,2%	52%
	I B	positiv	2,5%	45%
Technische Pollensammlung PMF	I	positiv	8%	31%
	II	positiv	12%	16%
	III	positiv	34%	
	IV	positiv	18%	
	V	positiv	11%	

Am Standortbereich I wurden 2008 in den Maispollenproben beider Bienenvölker GVO-Anteile von 1,2 % bzw. 2,5 %, im Mittel ca. 1,9 %, nachgewiesen. Gegenüber den Befunden aus 2007 mit 52 % bzw. 45 % (49 % im Mittel) ist damit in 2008 ein deutlicher Rückgang festzustellen. Für die Bioaerosolproben der technischen Sammler (PMF) ergab die Standortmischprobe für den Bereich I einen GVO-Anteil von 8 %. Auch hier zeigen die Ergebnisse einen deutlichen Rückgang des GVO-Anteils gegenüber 2007 (31 %). Im nordwestlichen Bereich wurde auf Grund des erweiterten Schutzabstandes für 2008 ein in 2007 noch ca. 100 m an das Schutzgebiet angrenzende GVO-Maisfeld mit Sonnenblumen bestellt und der Abstand zum nächstliegenden Bt-Maisfeld zur Schutzgebietsgrenze dort in 2008 auf > 500 m erhöht, so dass hierdurch die GVO-Anteile in den Pollenproben niedriger ausfielen.

Am Standortbereich II, der weiter östlich und zentral im Schutzgebiet liegt, wurde in der Bioaerosolprobe aus 2008 ein GVO-Anteil von ca. 12 % ermittelt. In 2008 wurde nur ein Standort zur Kontrolle berücksichtigt, der Vergleichswert aus 2007 für den GVO-Anteil betrug dort ca. 16 %. Der GVO-Anteil in 2008 weist damit am Standortbereich II eine Abnahme der GVO-Anteile aus, die im Vergleich zum Standortbereich I jedoch deutlich geringer ausfällt. Im Gegensatz zu 2007 liegen nun die GVO-Anteile am Standortbereich II (12 %) höher als am Standortbereich I (8 %).

Am Standortbereich IV, der den nordöstlichen Teil vom Schutzgebiet abdeckt und in 2008 neu hinzugekommen ist, wurde mit einem GVO-Anteil von 18 % in den PMF-Proben der höchste GVO-Anteil unter den Schutzgebietsstandorten festgestellt.

Während im westlichen Teil eine Erweiterung des Schutzabstandes von 100 m auf ca. 500 m in 2008 eingehalten wurde, reichte der GVO-Anbau in 2008 im nordöstlichen Teil auf bis 250 m an die Schutzgebietsgrenze heran. Die hohen GVO-Anteile in den Ergebnissen zeigen, dass eine starke Beeinflussung stattgefunden hat und Abstände von 250 m als nicht ausreichend zu bewerten sind.

Am Standortbereich V an der nordwestlichen Grenze des Schutzgebietes wurde in den Bioaerosolproben des PMF ein GVO-Anteil von 11 % ermittelt und damit ein etwas höherer Wert als am Standortbereich I. Die Entfernung zum nächsten GVO-Maisfeld betrug hier etwa 500 m.

Der Maximalwert der Untersuchung mit 34 % GVO-Anteil in den Bioaerosolen wurde am Standortbereich III gemessen, der nordwestlich ca. 500 m außerhalb des Schutzgebietes liegt und ca. 20 m von nächstliegenden Maisfeld mit angemeldetem Bt-MON810 Anbau entfernt.

Die Ergebnisse aus den Untersuchungen 2008 belegen, dass auch unter den Anbaubedingungen von 2008 mit den beschränkten Schutzabständen noch erhebliche GVO-Maispolleneinträge festzustellen sind. Zwar wurden an den Vergleichsstandorten im westlichen und mittleren Teil des Schutzgebietes ein deutlicher Rückgang der GVO-Anteile gegenüber 2007 ermittelt, jedoch belegen die noch auftretenden GVO-Anteile, vor allem die hohen Werte im zentralen und nordöstlichen Schutzgebietsteil, dass in 2007 noch eine erhebliche Exposition von NZO im Schutzgebiet mit GVO-Maispollen bestanden hat und die getroffenen Schutzabstände von 250 m (Nord-Ost) und 500 m (West) noch nicht ausreichend waren.

Die Ergebnisse reflektieren die unterschiedlichen Abstände in den Bereichen und bekräftigen, dass ein Schutzabstand zwischen Bt-Maisanbau und den Schutzgebietsgrenzen von mindestens 800 bis 1.000 m erforderlich ist.

Tab. 4: Ergebnisse der PCR-Analysen beider Labors zum GVO-Anteil in den Maispollenproben aus der technischen (Bioaerosole des PMF) und biologischen Pollensammlung (Pollenhöschen der Honigbiene) im Ruhlsdorfer Bruch im Jahre 2008

Quantitative PCR TaqMan		Probe	Maispollen GVO-Anteil in % (MON810)		
			Genetic ID Europe	Impetus Bioscience	Gesamt
Biologische Sammlung Honigbiene	Pollenhöschen	I-A	0,8%	1,6%	1,2%
		I-B	3,0%	2,1%	2,5%
Technische Sammlung PMF	Pollen in Luftstaubprobe (Bioaerosol)	I	10,6%	5,7%	8,1%
		II	16,8%	7,7%	12,2%
		III	49,0%	18,2%	33,6%
		IV	22,7%	13,0%	17,9%
		V	13,5%	9,3%	11,4%

4 Voruntersuchungen zu Maispollendepositionsmessungen auf Blättern von Futterpflanzenarten von FFH-Indikatorarten

Mit dem gemäß VDI-RL 4330 Bl. 3 standardisierten Verfahren des Pollenmassenfilters PMF wird die Maispollendeposition auf vergleichbare Weise erfasst, so dass Aussagen zu räumlichen Unterschieden in der Intensität der Maispollendeposition auf der Fläche möglich sind. Im Hinblick auf die Exposition von NZO wie Schmetterlingen ist das Depositionsgeschehen auf den spezifischen Futterpflanzen von Interesse. Die unterschiedliche Größe der Blätter, deren Gestalt und morphologische Oberflächenstruktur sowie Lage und Ausrichtung im Raum beeinflussen in hohem Maße das Ablagern der Pollenteilchen. Hierzu gibt es praktisch kaum belastbare Freilanddaten, insbesondere keine Direktbeobachtungen. Dies hat u.a. methodische Gründe, da die Erfassung im Freiland schwierig und zeitaufwändig ist und es u.a. an geeigneten Mikroskopietechniken mangelte. Vorliegende Beobachtungen beruhen meist auf indirekter Erfassung, z.B. indem die Pollen über Klebestreifen von den Blättern abgezogen und dann die Klebestreifen unter dem Mikroskop im Labor betrachtet wurden. Hierdurch ist eine repräsentative Erhebung allerdings nicht zu gewährleisten, da dies weder vollständig noch unabhängig von den Blattstrukturen zu bewerkstelligen ist (Zangerl et al. 2001).

Um Maispollendepositionen direkt auf den Blättern der Futterpflanzen der Schmetterlinge im Freiland nachweisen und quantifizieren zu können, ist ein mobiles, digitales Auflichtmikroskop notwendig. Zunächst wurden verschiedene Systeme, u.a. der Firmen Keyance, Nikon und Anmo im Labor im Hinblick auf ihre Praktikabilität geprüft.

Das neuartige System „Dino-Capture“ 10-50x/200x mit 8 LED von Anmo erwies sich als das zweckmäßigste, da es ohne zusätzliche Netzversorgung direkt über den USB-Anschluss an einem Notebook im Gelände betrieben werden kann, eine integrierte LED-Beleuchtung und mit einer bis zu 200-fachen Vergrößerung eine ausreichende Auflösung zur Maispollendetektion besitzt.

In weiteren Labortest wurde neben der Praktikabilität vor allem geklärt, ob die Auflösung, Qualität und Praktikabilität des Mikroskops ausreichend ist, um Maispollen auf den Blättern der Futterpflanzen eindeutig identifizieren und schließlich quantifizieren zu können. Dazu wurden auf einzelne Blätter von den Futterpflanzen von Schmetterlingsarten im Ruhlsdorfer Bruch (Rumex, Succisa) im Labor Maispollen appliziert und unter dem Mikroskop untersucht.

Mit dem Dino Capture waren die Maispollen bei ca. 200facher Vergrößerung eindeutig erkennbar und differenzierbar. Die Fläche des gezeigten Ausschnittes bei dieser Vergrößerung beträgt ca. 4 mm² (je nach Autofocus) und wird als digitales Foto gespeichert. Das Auswerteprogramm bietet die Möglichkeit der Vermessung von Objekten. Typische Durchmesser der Maispollen lagen bei 70-100 µm, im Bild unten als Beispiel 82 µm und 96 µm. Die Maispollen konnten sicher identifiziert, die Fläche des Ausschnittes des Blattes bestimmt und damit die aufliegenden Maispollen quantifiziert werden.

Wenngleich das digitale Bildanalyseprogramm eine Zählfunktion von Objekten beinhaltet, so ist eine sichere automatische Erkennung und Zählung der Maispollen nicht immer möglich. Vor allem dann, wenn mehrere Maispollen aneinanderlagerten oder an Blattstrukturen wie Haaren hafteten, war die automatische Bildanalyse unzureichend. In der visuellen Ansprache war jedoch jederzeit eine sichere Identifikation und Zählung der Maispollen möglich, da diese an Größe, Form, Struktur der Exine und Farbe eindeutig erkennbar sind.



Abb. 17: Digitalmikroskop Dino-Capture im Test an einem Rumex – Blatt auf dem Labortisch und rechts im Gelände

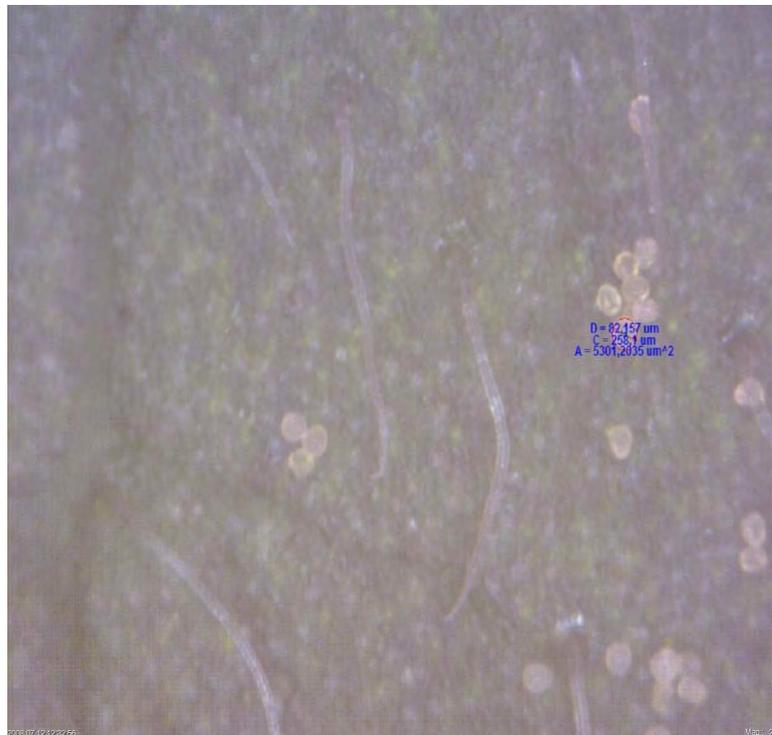


Abb. 18: Aufnahme mit dem Digitalmikroskop Dino-Cature im Labortest. Blattausschnitt von *Succisa pratensis* bei 200facher Vergrößerung mit applizierten Maispollen. Der ermittelte Pollendurchmesser betrug 82 μm , die die Fläche des Bildausschnittes ca. 4 mm^2 . Maispollen konnten sicher identifiziert und quantifiziert werden.

Im Freiland wurde dann geprüft, ob es möglich ist, die Mikroskopie der Maispollendeposition auch auf den Pflanzen vor Ort vorzunehmen. Das mobile Mikroskop wurde über ein 5 m langes USB-Kabel mit dem Notebook verbunden. Um die feinen Strukturen auf dem Bildschirm erkennen zu können, muss im Tageslicht, besonders bei Sonnenschein, der Bildschirm abgedunkelt werden (Abb. 19 zeigt einen provisorischen Arbeitsplatz im Freiland). Für die Arbeit im Freiland sind zwei Personen zweckdienlich, wovon die eine das Mikroskop und die andere den PC bedient. Mit dem Mikroskop kann aus der Hand direkt auf der Pflanze gearbeitet werden.

Insgesamt wurden vier Futterpflanzen untersucht. Es handelte sich um die Scabiosenflockenblume (*Centaurea scabiosa*), eine Futterpflanze vom Grünwidderrchen, eine Rote Liste 1 Art im Gebiet. Diese Futterpflanze kommt vorzugsweise auf den Kalkmagerrasen in den Hangbereichen des Ruhlsdorfer Bruchs vor, die unmittelbar an die Maisfelder grenzen. Der Teufelsabbiss (*Succisa pratensis*) ist die

Futterpflanze vom Goldenen Scheckenfalter (*Euphydryas aurinia*), der monophag ist. Der Teufelsabbiss kommt in den feuchten und den Übergangsbereichen des Ruhlsdorfer Bruchs bis in die Trockenrasen am Feldrand vor. Die Raupen der FFH-Schmetterlingsart Großer Feuerfalter (*Lycaena dispar rutilus*) ernähren sich von großblättrigen Ampferarten, von denen 3 Arten am Standortbereich I im Ruhlsdorfer Bruch gefunden wurden. Der Wasserrampfer (*Rumex hydrolaphatum*) steht vor allem in den Feucht- und Nassregionen am Bachlauf, die Arten Krauser Ampfer (*Rumex crispus*) und Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*) finden sich überwiegend in den Ruderalzonen und Trockenrasen bis an den Rand der Maisfelder. Hiervon wurden im Freilandtest die Blätter des Krausen und des Stumpfblättrigen Ampfer in Maisfeldnähe untersucht. Die Fundstellen und Untersuchungsorte gehen aus Abb. 20 hervor.



Abb. 19: Der Arbeitsplatz im Freiland mit dem Notebook muss zur besseren Erkennung des Bildschirminhaltes abgedunkelt werden. Am zweckmäßigsten erwies sich eine Arbeitsteilung: eine Person bedient das Mikroskop in der Vegetation, eine weitere das Analyseprogramm am Notebook.

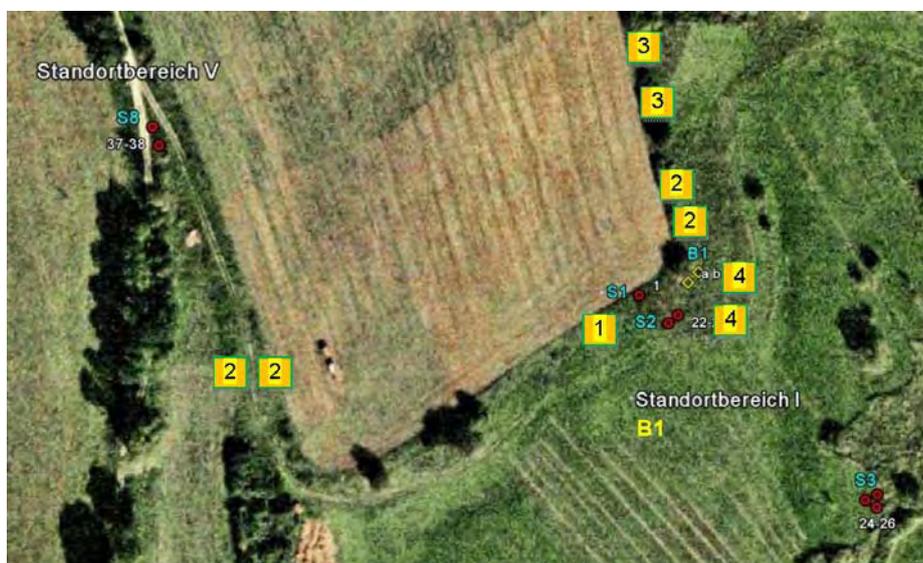


Abb. 20: Standorte der Freilandtests zur Maispollendepositionsmessung mit Fundstellen der Futterpflanzen im Standortbereich I des Ruhlsdorfer Bruches (gelb hinterlegt):

- 1: Scabiosenflockenblume *Centaurea scarpiosa*
- 2: Krauser Ampfer *Rumex crispus*
- 3: Stumpfblättriger Ampfer *Rumex obtusifolius*
- 4: Teufelsabbiss *Succisa pratensis*



Abb. 21: Scabiosenflockenblume (*Centaurea scabiosa*), Futterpflanze u.a. der Schmetterlingsraupen des Grünwidderchen, eine Rote Liste 1 Art.



Abb. 22: Blätter von *Centaurea scabiosa*.



Abb. 23: Krauser Ampfer (*Rumex crispus*) mit Blatt



Abb. 24: Stumpfblättriger Ampfer (*Rumex obtusifolius*) mit Blatt



Abb. 25: Teufelsabbiss (*Succisa pratensis*) mit Blätter

Die Abb. 26 und Abb. 27 zeigen beispielhaft Blattausschnitte der Scabiosenflockenblume *Centaurea scabiosa*, aufgenommen mit dem Digitalmikroskop im Freiland in 5 m Entfernung vom Maisfeld bei ca. 200facher Vergrößerung. Die Maispollen auf der Blattoberfläche sind mit einer Größe von ca. 80 μm im Durchmesser gut zu erkennen und im Zoom bei weiterer Vergrößerung nach Form, Exinestruktur und Farbe eindeutig von anderen Pollenarten im Ausschnitt differenzierbar. Die Ausschnittsfläche von ca. 4 mm^2 ist gut für eine Quantifizierung geeignet. Neben den großen Maispollen sind auch kleinere, andere Pollenarten zu erkennen.

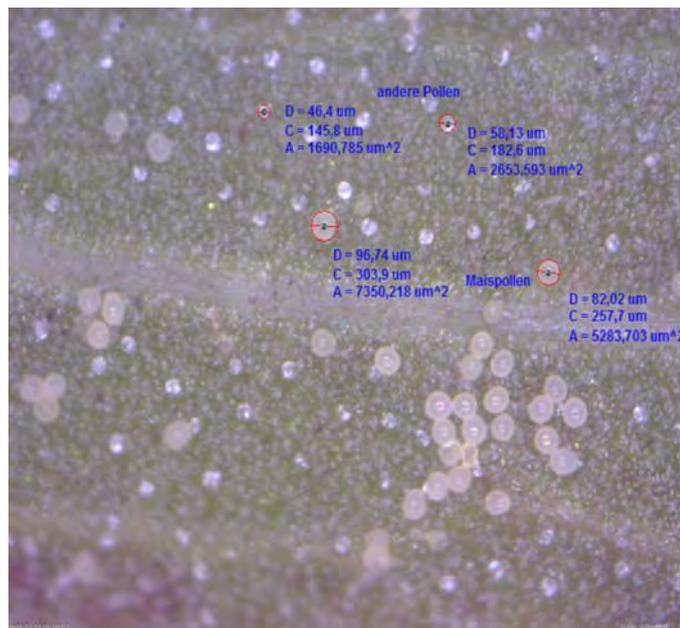


Abb. 26: Blatt von *Centaurea scabiosa*, Aufnahme bei 200facher Vergrößerung, Freiland nahe Maisfeld 5 m, 17.7.08. ausschnittsfläche ca. 4 mm^2 . Deutlich erkennbar die großen Maispollen mit \varnothing 80-100 μm Durchmesser sowie andere, kleinere Pollenarten mit \varnothing 40-60 μm .

Der Ausschnitt in Abb. 27 belegt, dass die Pollen nicht gleichmäßig verteilt auf der Blattoberfläche der Scabiosenflockenblume vorkommen. Bereiche mit geringerer Dichte wechseln sich mit Bereichen höherer Pollendichte ab. Abb. 28 zeigt einen Blattausschnitt des Stumpflättrigen Ampfers *Rumex obtusifolia*, in 50facher Vergrößerung aufgenommen. Deutlich ist zu erkennen, dass eine Akkumulation der Maispollen bevorzugt an Blattstrukturen wie Rippen und Haaren, wie in Abb. 29 bei *Succisa* bei 200facher Vergrößerung gezeigt, erfolgt. Die Aufnahme unter 200facher Vergrößerung in Abb. 30 auf dem Ampferblatt lässt deutlich frische Maispollen (rund) und ältere, dehydrierte (eingedellt) erkennen. Abb. 31 zeigt einen Ausschnitt eines Ampferblattes in 50facher Vergrößerung mit einer Fraßstelle einer Raupe. Auch auf den Blattausschnitten des Teufelsabbisses *Succisa pratensis* in Abb. 32 sind Maispollendepositionen zu erkennen. Der Standort befindet sich ca. 40 m vom Maisfeldrand entfernt.

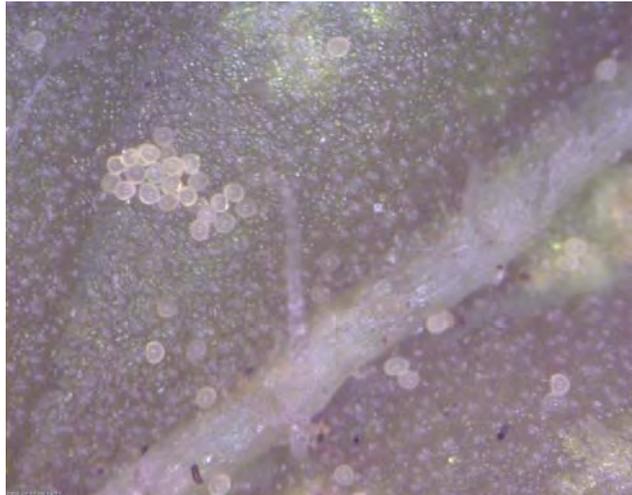


Abb. 27: Blatt von *Centaurea scabiosa*, 200fach, Freiland, nahe Maisfeld 5 m: Ausschnittsfläche ca. 4 mm². Heterogene Verteilung der Maispollen auf der Blattoberfläche.

Abb. 28: Blatt vom Ampfer *Rumex obtusifolius*, 50x. Freiland, nahe Maisfeld 5 m. Akkumulation der Maispollen an den Blattrippen, vor allem an der Mittelrippe.

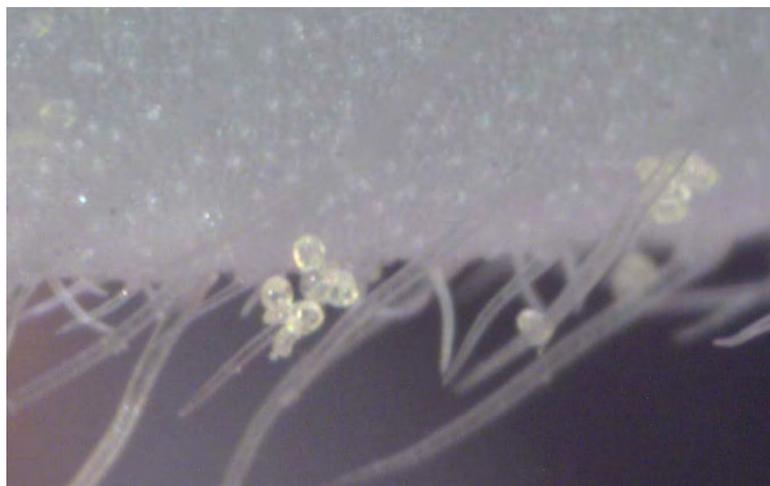


Abb. 29: Schrägsicht auf Blatt von *Succisa* 200x, Freiland, nahe Maisfeld 5 m. Haftung und Akkumulation der Maispollen an den Blatthaarstrukturen.

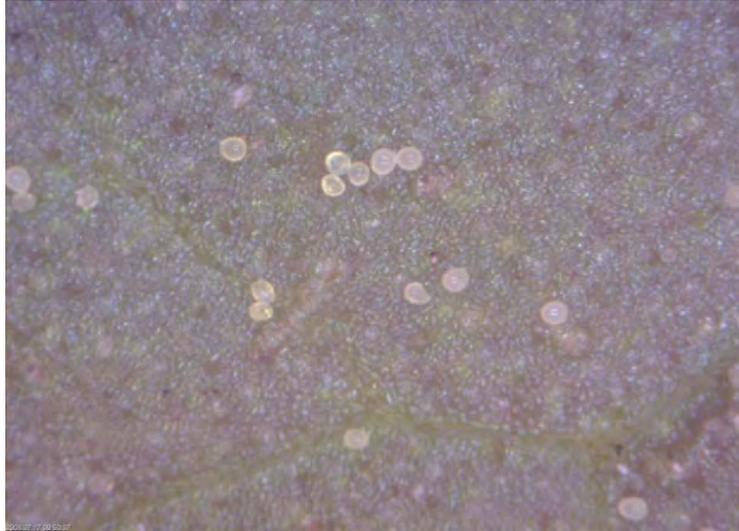


Abb. 30: Maispollen auf Rumex-Blatt, 200x, lässt frische (rund) und dehydrierte Maispollen (eingedellt) erkennen.



Abb. 31: Blattausschnitt vom Ampfer mit Fraßstelle einer Larve. Aufnahme 50x, Ausschnittsfläche ca. 50 mm²

Die methodischen Voruntersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

- Die beschriebene Methode der Digitalmikroskopie mit dem Dino-Capture und Notebook erwies sich als praxistauglich und ist in der Lage aussagefähige Ergebnisse zur Maispollendeposition auf Futterpflanzen im Freiland zu liefern.
- Die Maispollen sind sicher von anderen Pollen unterscheidbar und quantifizierbar. Es konnten an den untersuchten Futterpflanzen der Schmetterlingsarten Maispollen auf den Blättern nachgewiesen werden.
- Es zeigte sich, dass die Verteilung der Pollen auf den Blättern sehr inhomogen und unterschiedlich ist. So traten insbesondere an Blattstrukturen wie Blattrippen oder auch Haaren Akkumulationen von Pollen auf. Wiederum gab es auch Ausschnitte, die geringere oder keine Maispollen aufwiesen.

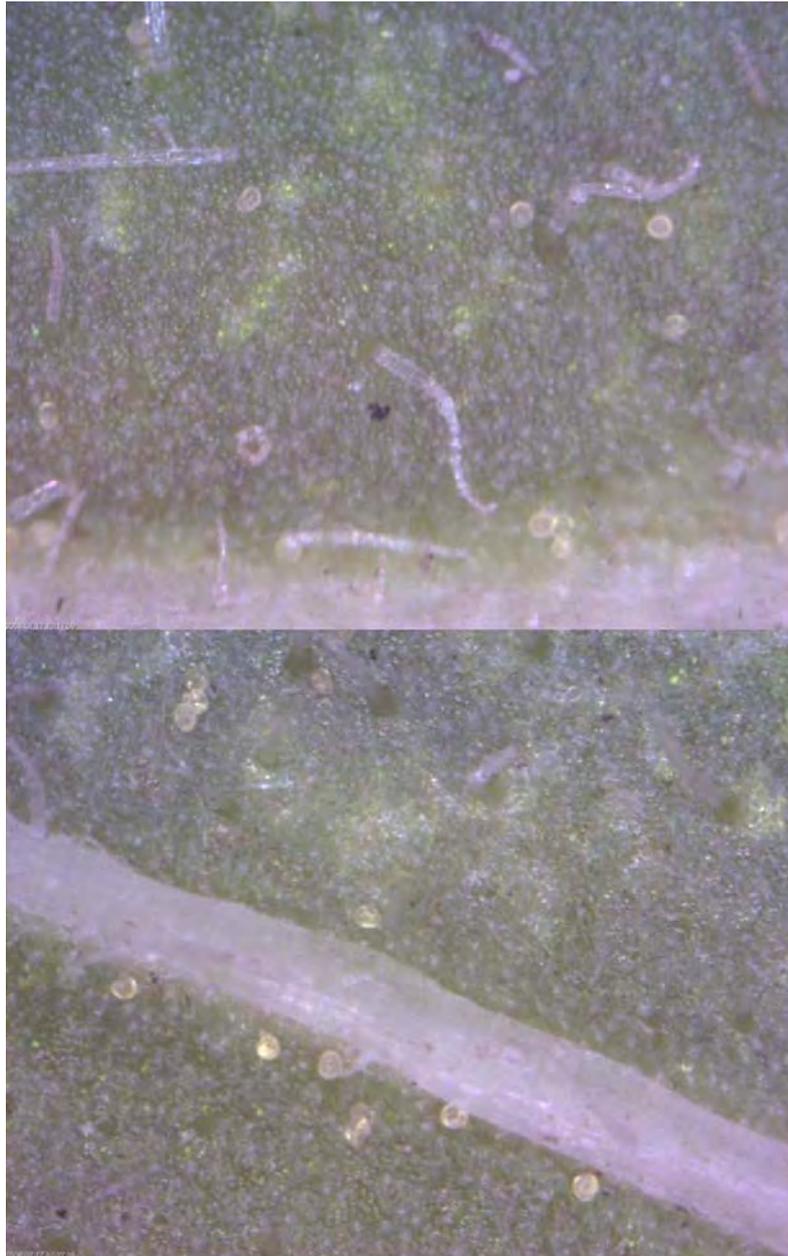


Abb. 32: Blattausschnitte vom Teufelsabbiss *Succisa pratensis* mit Maispollen, Freiland, Entfernung zum Maisfeld etwa 40 m. Aufnahme 200x

- Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit einer sehr hohen Variation in der feinräumlichen Verteilung der Maispollendeposition auf Blattoberflächen zu rechnen ist.
- Für eine ökotoxikologische Risikobewertung wäre die Kenntnis dieser Variation von hoher Bedeutung. Hierbei gilt zu berücksichtigen, dass Teilpopulationen erheblich höheren Expositionen ausgesetzt sein können als anhand der mittleren Belastungen zu erwarten wäre.
- Die Erhebungen erfordern gegenüber den Standarderhebungen einen erheblich höheren Aufwand und für repräsentative Aussagen sind tägliche Erhebungen über den Zeitraum des Maispollenfluges notwendig.

5 Vergleichsdaten zum Verlauf des Maispollenfluges von den Referenzstationen Westerloge und Delmenhorst

Ein bedeutsamer Aspekt für die Risikobewertung des Bt-Maisanbaus auf NZO ist der Verlauf und die Ausbildung der Maispollenblüte. In warmen Klimazonen, aus denen der Mais stammt, zeigt die Maisblüte einen kompakten Blühzeitraum über 5 – 7 Tage. Für die nördlicheren, gemäßigten Breiten wie Deutschland wurden hingegen erhebliche Abweichungen im zeitlichen Verlauf beobachtet. Dies belegen die Auswertungen von 14jährigen Zeitreihen zum Maispollenflug an der Referenzstation ländlicher Raum in Westerloge, Niedersachsen (NDS) (Daten: R. Wachter; siehe Hofmann et al. 2009).

Die Menge an Maispollen, die pro Pflanze gebildet wird, ist sortenabhängig determiniert. Die Reifung und Schütte wird hingegen wesentlich von standörtlichen Faktoren und der Witterung gesteuert und unterliegt damit einer hohen Variation.

In Abb. 33 ist der mittlere Verlauf der Maispollenimmission an der Referenzstation ländlicher Raum in Westerloge über die Jahre 1994 – 2007 (blaue Fläche) abgebildet. Die langjährigen Messungen belegen, dass in der Regel sich die Maispollenblüte über mehr als vier Wochen erstreckt.

Abb. 33 enthält auch die aktuellen Vergleichsdaten zum Verlauf des Maispollenfluges in 2008. Die ersten Maispollen wurden an der Messstation am 14.7.08 detektiert, die Werte bleiben zunächst auf niedrigem Niveau. Am 24.7. erhöhen sich die Werte abrupt, die Intensivierung der Maisimmissionswerte hält dann bis Ende Juli an. Im August werden dann bis zum 24.8. nur noch geringe Werte festgestellt. Hierbei ist zu beachten, dass Immissionsdaten zum Maispollenflug stets von der relativen Lage der Messstation zu den umgebenden Maisfeldern abhängen. In 2008 fand der Maisanbau südwestlich bis östlich statt, das nächstliegende Maisfeld lag südlich und war 30 m entfernt, nordwestlich lagen in 2008 keine Maisfelder. Eine Auswertung der Meteorologie zeigt, dass der Anstieg der Werte der Maispollenimmissionen vom 24.7. – 31.7. in 2008 dort mit einer entsprechenden Änderung der Windrichtung von ursprünglich westlich auf östlich in diesem Zeitraum einherging.

In Abb. 34 sind die Vergleichsdaten zum Maispollenflug von der nächsten, mitten in der Stadt Delmenhorst auf einem Schulgebäude gelegenen Referenzstation abgebildet. In der Umgebung von Delmenhorst befinden sich Maisfelder in unterschiedlichen Richtungen, wobei der Abstand zu den nächsten Maisfeldern >2 km beträgt. Durch diese Lage sind die Maispolleneinträge repräsentativer für den Raum insgesamt und spiegeln damit den Verlauf des Maispollenfluges in der Region wider. Der Maispollenflug setzte dort am 11.7.08 ein und erstreckte sich bis zum 28.8.08, mit der intensivsten Phase im Zeitraum vom 24.7. bis zum 7.8.08, wo die Hauptblüte endete. Im Mittel über die Jahre 1994-2007 beginnt der Maispollenflug Anfang Juli um den 10.7., die Hauptblüte findet im Zeitraum Mitte Juli bis Mitte August statt und der Maispollenflug läuft Mitte September aus.

Aus dem Raum um das Ruhlsdorfer Bruch sind keine Messdaten zum zeitlichen Verlauf des Maispollenfluges bekannt, so dass keine direkten Aussagen für dieses Gebiet möglich sind. Es ist auch keine Messstation in der Umgebung bekannt, an der Maispollen erfasst werden (Polleninformationsdienst PID). In 2008 wurden jedoch phänologisch starke regionale und standörtliche Unterschiede bei der Maisentwicklung und Blüte beobachtet. Während der Mais sich in NDS auf Grund der günstigen Witterung allgemein gut entwickeln konnte, verlief in BBG die Maisentwicklung auf Grund ungünstiger Witterungs- und Standortbedingungen insgesamt sehr heterogen und teilweise sehr mäßig bis schlecht. Hierbei traten große Unterschiede auf, sowohl regional als auch lokal, von Feld zu Feld und innerhalb von Feldern. Im Gebiet setzte phänologisch die Maisblüte bei einigen Feldern am 11./12.7. ein. Z.B. konnten am 12.7. bereits Maispollen auf Blättern im Ruhlsdorfer Bruch am Standortbereich I im Rahmen der Felduntersuchungen von Futterpflanzen gefunden werden. Zeitgleich stand der Mais in anderen Feldern z.T. erst kniehoch ohne sichtbare Fahne, die Blüte begann dort erst später um den 17. – 20.7.08. Auch innerhalb von Feldern wurden starke Unterschiede im Entwicklungsstand beobachtet. Zum Teil trat erheblicher Kümmerwuchs auf.

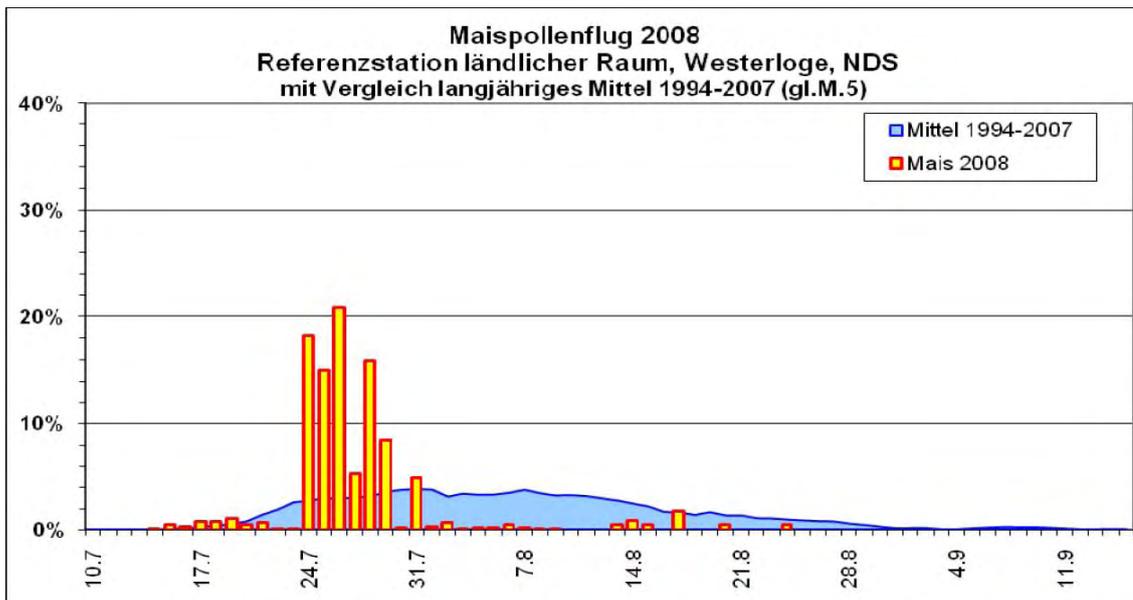


Abb. 33: Verlauf des Maispollenfluges in 2008 an der Referenzstation ländlicher Raum in Westerloge, NDS. Mit Vergleich langjähriges Mittel 1994-2007 (gleitendes Mittel 5). Burkard-Falle, mittlere Tageswerte prozentual zur Jahressumme. (Daten: Dr. R. Wachter, dokumentiert beim PID/DWD, EAN European Aeroallergen Network)

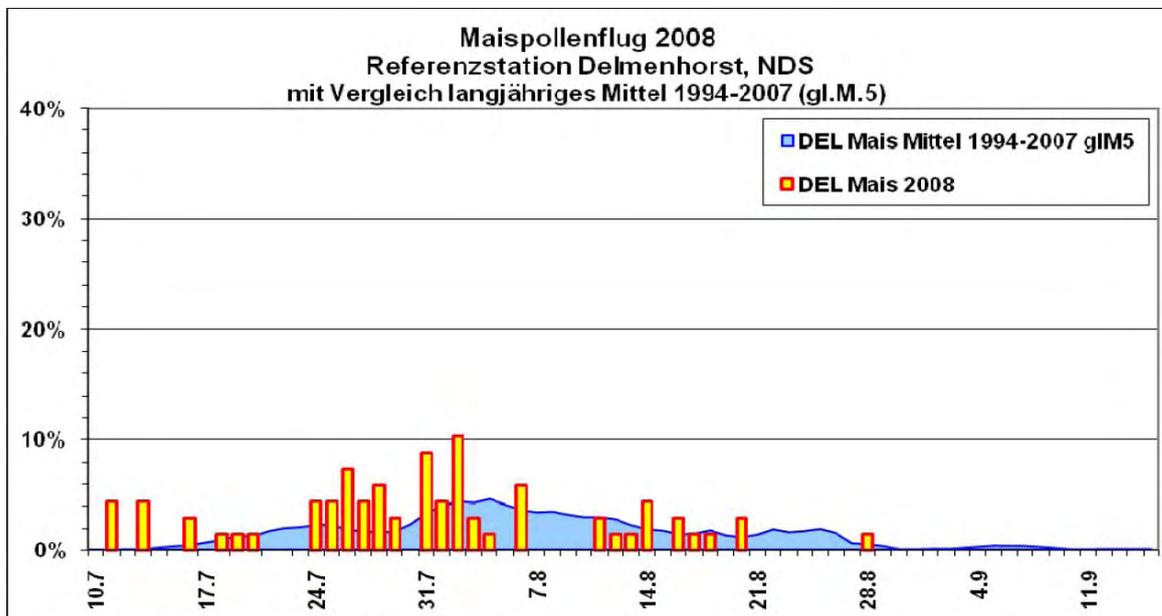


Abb. 34: Verlauf des Maispollenfluges in 2008 an der Referenzstation in Delmenhorst, NDS. Mit Vergleich langjähriges Mittel 1994-2007 (gleitendes Mittel 5). Burkard-Falle, mittlere Tageswerte prozentual zur Jahressumme. (Daten: Dr. R. Wachter, dokumentiert beim PID/DWD, EAN European Aeroallergen Network)

6 Bewertung

Die Ergebnisse des Pollenmonitorings 2008 im Ruhlsdorfer Bruch bestätigten die Ergebnisse aus 2007 zur Maipollenexposition und Abhängigkeit von der Entfernung zum nächsten Maisfeldrand.

Die PCR-Analysen erbrachten Nachweise von Bt-Maispollen in der Deposition an allen Standorten sowie in den Bienenpollenproben in erheblichen Anteilen, so dass weiterhin eine Exposition von NZO im Schutzgebiet anzunehmen ist.

Die Erweiterung des Abstandes des Bt-Maisanbaus von 100 m in 2007 auf ca. 500 m an der westlichen Schutzgebietsgrenze wirkt sich am Standortbereich I mit einem Absenken der GVO-Anteile in den Maispollenproben von 30-50% in 2007 auf ca. 2-8% in 2008 aus.

Die erheblich höheren GVO-Anteile von ca. 12% bzw. 16% in den Maispollendepositionen an den weiter nordöstlich gelegenen Standortbereichen II und IV reflektieren den dortigen geringeren Abstand des Bt-Maisanbaus zur Schutzgebietsgrenze von lediglich 250 m.

Die methodischen Vorarbeiten zur Erfassung von Maispollendepositionen auf Futterpflanzen in situ waren erfolgreich. Das Verfahren mit dem mobilen Digitalmikroskop erwies sich als praktikabel. Es konnten Maispollen auf relevanten Futterpflanzen von geschützten Schmetterlingsarten im Ruhlsdorfer Bruch nachgewiesen werden. Es ist mit einer hohen feinräumlichen Variation der Pollendepositionen auf den Blattoberflächen zu rechnen. Eine repräsentative Erfassung erfordert daher einen erheblichen Aufwand, der zudem täglich über den relevanten Zeitraum des Maispollenfluges vorzunehmen ist.

Die Vergleichsdaten zur zeitlichen Entwicklung des Maispollenfluges von der Referenzstation ländlicher Raum in Westerloge sowie der Station in Delmenhorst zeigen, dass der Maispollenflug sich über einen breiten Zeitraum von mehreren Wochen hinziehen kann und eine erhebliche Variation in der Pollenflugintensität auftritt.

Die Ergebnisse belegen, dass die getroffenen Abstände in 2008 für einen Schutz von NZO im NSG/FFH-Gebiet Ruhlsdorfer Bruch als nicht ausreichend zu bewerten sind.

Die Untersuchungsergebnisse 2008 bekräftigen die Notwendigkeit eines Schutzabstandes von mindestens 800 m gemäß des Runderlasses des MLUV. Auf Grund der überdurchschnittlich ausfallenden Maispollendepositionen im Ruhlsdorfer Bruch wären dort aus Vorsorgegründen eher noch größere Schutzabstände zu vertreten.

7 Literatur

- Aylor, D.E. (2002): Settling speed of corn (*Zea mays*) pollen. *J. Aerosol Sci.* 33: 1599–1605
- Aylor, D.E., Schultes, N.P. and Shields, E.J. (2003): An aerobiological framework for assessing cross-pollination in maize. *Agricultural and Forest Meteorology* 119:111–129
- Aylor, D.E., Boehm, M.T., Shields, E.J. (2006): Quantifying aerial dispersal of pollen in relation to outcrossing in Maize. *Amer. Meteor.Soc.:* <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/78425.pdf>
- Bannert, M. (2006): Simulation of transgenic pollen dispersal by use of different grain colour maize. Diss. ETH Zürich
- Boehm, M.T., Aylor, D.E., Shields, E.J. (2006): Maize pollen dispersal under convective conditions. *J. Appl. Meteorol. Climatol.* 45(7): 1003
- Bøhn, T., Primicerio, R., Hessen, D.O., Traavik, T. (2008): Reduced fitness of *Daphnia magna* fed a Bt-transgenic maize variety. *Archives of Environmental toxicology and chemistry*. Published online 18. march.: DOI 10.1007/s00244-008-9150-5
- Dively, G. P., Rose, R., Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Calvin, D. D., Russo, J. M., Anderson, P. L. (2004): Effects on monarch butterfly larvae (Lepidoptera: Danaidae) after continuous exposure to Cry1Ab expressing corn during anthesis. *Environmental Entomology* 33: 116-1125
- Douville, M., Gagné, F., André, C., Blaise, C. (2008): Occurrence of the transgenic corn cry1Ab gene in freshwater mussels (*Elliptio complanata*) near corn fields: Evidence of exposure by bacterial ingestion. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* (2008), doi:10.1016/j.ecoenv.2008.02.006
- Emberlin, J. (1999): A report on the dispersal of Maize pollen. Research paper. National Pollen Research Unit, University College Worcester, 21 pp. <http://www.soilassociation.org/ResearchPapers>
- Felke, M.; Langenbruch, G. A. (2005): Auswirkungen des Pollens von transgenem Bt-Mais auf ausgewählte Schmetterlingslarven. BfN-Skripten 157, 143 S. www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/skript157.pdf
- Heink (2006): Stellungnahme zu „Anforderungen an die gute fachliche Praxis im Zusammenhang mit der Zulassung von Sorten aus der gentechnisch veränderten Maislinie „MON 810-6“ zum Anbau in Deutschland sowie dem weiteren Stoffstrom von derartigen Pflanzen innerhalb der Produktionskette“. Deutscher Bundestag, Ausschuss für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz. Ausschussdrucksache 16 (10) 242-G v. 23. Oktober 2006
- Hofmann, F. (2007): Kurzgutachten zur Abschätzung der Maispollendeposition in Relation zur Entfernung von Maispollenquellen mittels technischem Pollensammler PMF. BfN, Bonn.
- Hofmann, F., Schlechtriemen, U., Wosniok, W., Foth, M. (2005): GVO-Pollenmonitoring. Technische und biologische Pollenakkumulatoren und PCR-Screening für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. - BfN-Skripten 139, 275 S. www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/skript139.pdf
- Hofmann, F., Epp, R., Kalchschmid, A., Kruse, L., Kuhn, U., Maisch, B., Müller, E., Ober, S., Radtke, J., Schlechtriemen, U., Schmidt, G., Schröder, W., von der Ohe, W., Vögel, R., Wedl, N., Wosniok, W. (2008): GVO-Pollenmonitoring zum Bt-Maisanbau im Bereich des NSG/FFH-Schutzgebietes Ruhlsdorfer Bruch. *Z. Umweltwissenschaften Schadstoffforschung* 20 (4): 275-289
- Hofmann, F., Janicke, U., Janicke, L., Wachter, R. (2009): Modellrechnungen zur Ausbreitung von Maispollen in Bezug auf den Einfluss einzelner Maisfelder im Hinblick auf Sicherheitsabstände bei Freisetzungsversuchen unter worst-case Annahmen mit Vergleich zu Freilandmessdaten des PMF. BfN, Bonn <http://www.bfn.de/>
- Jarosz, N., Loubet, B., Durand, B., McCartney, H.A., Foueillassar, X., Huber, L. (2003). Field measurements of airborne concentration and deposition rate of maize pollen. *Agric. For. Meteorol.* 119: 37-51
- Jarosz, N., Loubet, B., Huber, L. (2004): Modelling airborne concentration and deposition rate of maize pollen. *Atmos. Environ.* 38: 5555-5566
- Lang, A. (2004): Effekte von Bt-Mais auf flugfähige Blütenbesucher und Prädatoren höherer Straten. Teilprojekt im Verbundvorhaben „Sicherheitsforschung und Monitoring-Methoden zum Anbau von Bt-Mais“. BMBF-Forschungsvorhaben, Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft, Freising
- Lang, A.; Ludy, C.; Vojtech, E. (2004): Dispersion and deposition of Bt maize pollen in field margins. *J. Plant Disease Protection* 111 (5): 417-428
- Loos, C.; Seppelt, R.; Meier-Bethke, S.; Schiemann, J.; Richter, O. (2003): Spatially explicit modelling of transgenic maize pollen dispersal and cross pollination. *Journal for Theoretical Biology* 225

(2): 241-255

- Molzahn, D. (2009): Anbau von gentechnisch verändertem Kulturmais in Brandenburg und potentielle Auswirkungen auf besonders schützenswerte Habitate und Arten. Diplomarbeit, Institut für Geoökologie, Universität Potsdam.
- LANDESUMWELTAMT (2008): Durchführung eines Pollenmonitorings von Mais im Naturschutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch 2007. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 109
- Der Landrat des Landkreises Märkisch-Oderland (2007): Ordnungsverfügung v. 16.5.2007 betreffs Anbau von gentechnisch verändertem Mais der Linie MON 810-6-6 innerhalb des FFH-Gebiets Ruhlsdorfer Bruch und seiner Umgebung sowie innerhalb des europäischen Vogelschutzgebietes „Märkische Schweiz“
- Marquard, E. ; Durka, W. (2005): Auswirkungen des Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen auf Umwelt und Gesundheit: Potentielle Schäden und Monitoring. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft
- Pleasants, J.M.; Hellmich, R.L.; Dively, G.P.; Sears, M.K.; Stanley-Horn, D.E.; Mattila, H.R.; Foster, J.E.; Clark, T.L.; Jones, G.D. (2001): Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields. PNAS 98: 11919-11924
- Raynor, G.; Ogden, E.; Hayes, J. (1972): Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. *Agron. J.* 64: 420-427
- Rosi-Marshall, E.J., Tank, J.L., Royer, T.V. Whiles, M.R., Evans-White, M., Chambers, C., Griffiths, N.A., Pokelsek, J., Stephen, M.L. (2007): Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proc Natl Acad Sci USA* 104 (41): 16204–16208
- Schröder, W., Hofmann, F. (2008): Wissenschaftliche Grundlagen der Beobachtung von GVO-Umweltrisiken. UWSF – Z Umweltchem Ökotox 20 (1) 2-8
- Seeley, T. D. (1985): Honeybee ecology. Princeton University, Press Princeton.
- Stachow, U., Graef, F., Werner, A., Ragnitz, R., Zepernick, E., (2005): Anbaubegleitendes Monitoring-Teilprojekt 2: Regionale GVP-Monitoringkonzepte in Brandenburg, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung ZALF e.V.
- Treu, R.; Emberlin, J. (2000): Pollen dispersal in the crops Maize (*Zea mays*), Oil seed rape (*Brassica napus* ssp. *oleifera*), Potatoes (*Solanum tuberosum*), Sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris*) and Wheat (*Triticum aestivum*). Evidence from publications. A report for the Soil Association from the National Pollen Research Unit, University College Worcester: <http://www.soilassociation.org> [Library GMO] Jan. 2000
- VDI-Richtlinie 4330 Blatt 3 (2007): Monitoring der Wirkungen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) – Pollenmonitoring – Technische Pollensammlung mit Pollenmassenfilter PMF und Sigma-2–Sammler. VDI-Handbuch Biotechnologie, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd. 1a . Beuth-Verlag, Berlin
- VDI-Richtlinie 4330 Blatt 4 (2006): Monitoring der Wirkungen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) – Pollenmonitoring – Biologische Pollensammlung mit Bienenvölkern. VDI-Handbuch Biotechnologie, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd. 1a . Beuth-Verlag, Berlin
- VDI-Richtlinie 4330 Blatt 12 (2007): Monitoring der Wirkungen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) – Pollenmonitoring – Standardisierte Erfassung von Schmetterlingen (Lepidoptera). Gründruck. VDI-Handbuch Biotechnologie, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd. 1a . Beuth-Verlag, Berlin
- Vogel, B. (2005): Agro-Gentechnik & Naturschutz. Auswirkungen des Anbaus von gentechnisch veränderten Pflanzen auf die biologische Vielfalt. NABU Berlin: <http://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/gentechnik/studien/1.pdf>
- Yamamura, K. (2004): Dispersal distance of corn pollen under fluctuating diffusion coefficient. *Popul.Ecol.* 46: 87-101
- Zangerl, A.R., McKenna, D., Wraight, C.L., Carroll, M., Ficarelo, P., R. Warner, Berenbaum, M.R.(2001): Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions. *Proc Natl Acad Sci USA* 98 (21): 11908-11912