LAND
BRANDENBURG

Ministerium für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz

Naturschutz und
Landschaftspflege

Fachbeiträge des LUGV

Heft Nr. 133

Agrogentechnik und Naturschutz – Wie können Schutzgebiete und aquatische Systeme wirksam vor dem Eintrag von *Bt*-Toxin geschützt werden

Vorstellung der Ergebnisse eines dreijährigen Projektes mit konkreten Handlungsempfehlungen an das Land Brandenburg

Kommentierte und erweiterte Dokumentation der Abschlusstagung am 8. Oktober 2012

**Landesamt für
Umwelt,
Gesundheit und
Verbraucherschutz**

Impressum

Herausgeber:
Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg

Redaktion:
Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, R. Vögel

Auftragnehmer:
Institut für Agrarökologie (IFAB), Christian Unselt

Projektkoordination und Projektleitung:
Steffi Ober, NABU
Frieder Hofmann, Ökologiebüro, TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Bremen

Gefördert durch:

Bundesamt für Naturschutz

LAND BRANDENBURG

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Autoren:
Frieder Hofmann, Ökologiebüro, TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Bremen
Ulrich Schlechtriemen, Sachverständigenbüro, TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Northeim
Ulrike Kuhn, Büro Kuhn, TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Bremen
Ulf Janicke, Lutz Janicke, Ing.-Büro Janicke, Überlingen
Klaus-Peter Wittich, Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (ZAMF), Deutscher Wetterdienst (DWD), Braunschweig
Mathias Otto, Bundesamt für Naturschutz, Bonn

Fachbeiträge des LUGV

Heft Nr. 133

Agrogentechnik und Naturschutz – Wie können Schutzgebiete und aquatische Systeme wirksam vor dem Eintrag von *Bt*-Toxin geschützt werden

Vorstellung der Ergebnisse eines dreijährigen Projektes mit konkreten Handlungsempfehlungen an das Land Brandenburg

Kommentierte und erweiterte Dokumentation der Abschlusstagung am 8. Oktober 2012

Inhalt

VORWORT **4**

HINTERGRUND DES FORSCHUNGSVORHABENS **6**
Matthias Otto

EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG DES FORSCHUNGSVORHABENS **8**
Frieder Hofmann, Steffi Ober

VALIDIERUNG DER AUSBREITUNGSRECHNUNG FÜR MAISPOLLEN **19**
Ulf Janicke, Lutz Janicke

DIE BEDEUTUNG DER METEOROLOGIE FÜR DIE POLLENFREISETZUNG UND POLLENAUSBREITUNG **35**
Klaus-Peter Wittich

VALIDIERUNG DER AUSBREITUNGSMODELLIERUNG – ERFASSUNG DES MAISPOLLENFLUGES **47**
Frieder Hofmann[1,2], Ulrich Schlechtriemen[1], Ulrike Kuhn[1,3], Wolfgang Koch[4], Klaus-Peter Wittich[5], Reinhard Wachter[6]

VARIABILITÄT DER MAISPOLLENDEPOSITION AUF BLÄTTERN & EXPOSITION VON GEWÄSSERÖKOSYSTEMEN DURCH POLLEN UND STREU AUS DEM MAISANBAU **65**
Frieder Hofmann[1,2], U. Schlechtriemen[1], U. Kuhn[1,3], B. Boessenkool[4], S. Haase[4], E. Niemann[4], L. Schiebel[4], R. Schütz, B. Schröder[4], C. Mante[5], W. Kratz[5], R. Vögel[6], J. Peil[6]

ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN FÜR DEN NATURSCHUTZ **78**
Steffi Ober

ANHANG **93**

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DEN NATURSCHUTZ: HINTERGRUND FÜR DIE PRAXISORIENTIERTEN SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEM FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSVORHABEN
Steffi Ober[1], Frieder Hofmann[2,3], Ulrich Schlechtriemen[2,4], Ulrike Kuhn[2,5], Ulf Janicke[6], Lutz Janicke[6], Klaus-Peter Wittich[7], Berry Boessenkool[8], Boris Schröder[8], Rudolf Vögel[9], Jörg Peil[9]

1 Einleitung 93
2 Übersicht über aktuelle und potentielle GVO für den Anbau in Deutschland und in der EU 93
3 Regulierungsansatz „Abstandsregelung“ 94
4 Vereinfachte Umsetzung der Ausbreitungsrechnung im GIS (TAFF) als technische Voraussetzung für die Anwendung in der behördlichen Regelungspraxis 99
5 Anwendung von Ausbreitungsrechnungen für die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) .. 105
6 Abstandsregelungen für den Schutz von Gewässerökosystemen 113
7 Fazit der Empfehlungen 115
Quellen 115

Vorwort

Der Tagungsband fasst die Vorträge, die auf einer Veranstaltung am 8.10.2012 in Berlin in der Landesvertretung Saarland anlässlich der Präsentation der Ergebnisse eines Bund-Länder-Forschungsvorhabens zur Exposition der Umwelt durch den *Bt*-Maisanbau gehalten wurden, zusammen. Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesumweltministeriums (BMU) im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN), sowie des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (MUGV) des Landes Brandenburg gefördert. Auftragnehmer des Vorhabens war das Institut für Ökologie und Naturschutz (IFÖN, jetzt IFAB, Institut für Agrarökologie). Die Projektkoordination lag in den Händen von Steffi Ober (NABU), für die wissenschaftliche Projektleitung war Frieder Hofmann (TIEM Integrierte Umweltüberwachung) zuständig.

Mit dem Vorhaben wurden praxisorientierte Ziele für die Regelung des *Bt*-Mais-Anbaus im Hinblick auf Koexistenzanforderungen mit dem Naturschutz bearbeitet. Das Projekt umfasste hierbei drei Aufgabenbereiche:

1. Validierung eines Ausbreitungsmodells zur Maispollen-Exposition anhand von Freilanddaten
2. Erfassung der Variabilität der Maispollen-Deposition auf Pflanzenblättern
3. Klärung offener Fragen zur Exposition von Gewässerökosystemen

In Brandenburg erfolgte im Jahr 2008 ein Erlass zur Regelung des *Bt*-Maisanbaus in unmittelbarer Nachbarschaft zu Schutzgebieten. Damit wurde eine Abstandsregelung von 800 m zu sensiblen Biotopen sowie die Möglichkeit der Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung begründet. Die Validierung der Ausbreitungsmodellierung dient diesem Zweck und wurde über drei Phasen (2009 bis 2011) bearbeitet, wobei sich jeweils Ausbreitungsrechnung und Freilandmessungen abwechselten. Die Arbeiten und Ergebnisse dazu wurden in vier Fachvorträgen präsentiert..

Als Ausbreitungsmodell wurde ein weit verbreitetes, über eine VDI-Richtlinie standardisiertes Partikelmodell (LASAT) benutzt, das bereits Grundlage für das TA-Luft Modell AUSTAL2000 ist und sich bei zahlreichen Anwendungen im Umweltbereich bewährt hat. Die Arbeiten zur Ausbreitungsrechnung und Validierung wurden vom Ing.-Büro Janicke (Ulf Janicke, Lutz Janicke) übernommen.

Für die erforderlichen Freilandmessungen zur Meteorologie wurde das Projekt vom Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (ZAMF) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Braunschweig (K.-P. Wittich mit Mitarbeitern) unterstützt, das die Gerätschaften zur Verfügung stellte, und die Messungen vor Ort durchführte. Die erforderlichen Grundlagendaten zur Ausbreitungsrechnung (AKTerm) wurden von J. Hessel und A. Ohrt (DWD Offenbach) eingebracht. Weiterhin wurden die Arbeiten durch die örtliche Wetterwarte des DWD in Angermünde (G. Sperling mit Mitarbeitern) begleitet, die sowohl Logistik als auch weitere Daten zur Meteorologie bereitstellte.

Die für die Validierung notwendigen Freilandmessungen zur Pollenimmission wurden von TIEM Integrierte Umweltüberwachung (F. Hofmann, U. Schlechtriemen, U. Kuhn) durchgeführt. Hierfür kamen standardisierte Verfahren zur Erfassung der räumlichen Verteilung der Pollendeposition (VDI-RL 4330 Bl. 3) zum Einsatz. Des weiteren wurden volumetrische Pollenmonitore für eine zeitlich hochaufgelöste Erfassung eingesetzt, die mit Unterstützung des Fraunhofer Instituts für Aerosolforschung (ITEM) in Hannover (W. Koch, H. Loedding) entwickelt wurden.

Die Arbeiten wurden begleitet und tatkräftig unterstützt durch die Mitarbeiter des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit, Landwirtschaft und Verbraucherschutz in Brandenburg MUGV. Die Betreuung erfolgte durch Rudolf Vögel, der neben anderem mit Anke Schrade von der Naturwacht die regelmäßige Bonitierung der Maisbestände vornahm. Die erforderlichen GIS-Daten zu Maisanbau und Naturraum wurden von Jörg Peil unter Mitwirkung von Berry Boessenkool, Uni Potsdam,

erarbeitet. Die Freilandmessungen erfolgten vor allem auf Maisflächen des Landwirtes Johannes Niedeggen von Gut Kerkow, der mit seinen Mitarbeitern auf Gut Kerkow die Studien ermöglichte.

Geplant waren die Messungen für die Modellvalidierung auf den Feldern ursprünglich 2009 und 2010 über zwei Jahre, wegen des ungewöhnlichen Wetterverlaufs im Sommer 2010 wurden die Arbeiten um ein Jahr (2011) erweitert. Die Verlängerung trug wesentlich zur Absicherung der Ergebnisse und zur Bestätigung der Modellannahmen bei.

Für die Risikobewertung von *Bt*-Mais im Hinblick auf Nichtzielorganismen (NZO) sind sichere Aussagen zur spezifischen Deposition von Maispollen auf den Pflanzenoberflächen der Futterpflanzen von NZO wie Schmetterlingen erforderlich. In der vorliegenden Untersuchung wurden grundlegende Daten zur Variabilität der Blattdepositionen über ein neues Verfahren erhoben, das erstmals die Direkterfassung im Freiland erlaubt. Die quantitative mikroskopische Erfassung der Maispollendeposition auf den Futterpflanzen der Nichtzielorganismen im Freiland mit den anschließenden Bildauswertungen wurden über den gesamten Blühzeitraum von Mais im Jahre 2010 über mehr als 6 Wochen vorgenommen. Die Arbeiten wurden von TIEM (F. Hofmann, U. Schlechtriemen, U. Kuhn) unter Mitwirkung einer studentischen Projektgruppe des Instituts für Erd- und Umweltwissenschaften der Universität Potsdam (B. Boessenkool, S. Haase, E. Niemann, L. Schiebel, R. Schütz, Betreuer: B. Schröder) durchgeführt. Die erforderlichen, umfangreichen Freilandarbeiten wurden über eine ergänzende Förderung durch die Hermsen-Stiftung ermöglicht.

Eine Exposition und Wirkung von Nichtzielorganismen (NZO) in Gewässerökosystemen wurde lange Zeit nicht beachtet bzw. negiert. Zur Exposition und Wirkung auf einzelne Wasserorganismen und aquatische Systeme lagen für Deutschland bisher keine Daten vor. Um aquatische Systeme angemessen vor *Bt*-Einträgen zu schützen, wurde das Thema in dem Forschungsvorhaben aufgegriffen und erstmals Untersuchungen zur Exposition durchgeführt. Die Arbeiten wurden von C. Mante (FU Berlin, Betreuer: W. Kratz und K. Tockner, IGB) unter Leitung von F. Hofmann (TIEM) in 2009 aufgenommen und die Freilandmessungen wurden nach einem beruflichen Wechsel von C. Mante von F. Hofmann unter Mitwirkung von U. Kuhn und U. Schlechtriemen in den Jahren 2010 und 2011 fortgeführt. Die amerikanischen Wissenschaftlerinnen E. Rosi-Marshall und J. Tank unterstützten die Arbeiten und gewährten in einer gemeinsamen Arbeitswoche vor Ort Einblick in ihre Arbeitstechniken und Kenntnisse. Sie präsentierten auf einer Fachtagung am 17.12.2009 in den Räumen des NABU in Berlin Ergebnisse aus ihren Arbeiten in den USA. In einem anschließenden Workshop am 18.12.2009 in Berlin, moderiert von S. Ober wurden weitere konzeptionelle Aspekte zu diesem Thema erarbeitet.

Die Ergebnisse der Forschungsvorhabens mündeten in praktische Empfehlungen für den Naturschutz, die im Schlussvortrag von S. Ober vorgestellt, und deren Grundlagen in einem zusätzlichen Beitrag hier im Tagungsband unter Mitwirkung des Projektteams näher ausgeführt wurden.

Wir möchten allen, die das Vorhaben unterstützt haben, unseren herzlichen Dank aussprechen. Ergänzend sind an dieser Stelle namentlich noch zu erwähnen: Die Landwirte Herr Jänicke (Welsow), Herr Knie (Kerkow) und Herr Böhling (Schmargendorf); J. Kienast und G. Beyer mit ihrem Team vom NABU-Zentrum Blumenberger Mühle; M. Meyer, W. Müller, A. Meßling, R. Hennings, T. Vogt und H. Salinski vom ZAMF des DWD in Braunschweig; Fam. Winkler aus Kerkow; VERN e.V. in Greiffenberg; G. Wollnik, Berlin.

Steffi Ober, NABU
Christian Unselt, IFAB
Frieder Hofmann, TIEM

Hintergrund des Forschungsvorhabens

Mathias Otto

Bundesamt für Naturschutz (BfN), Fachgebiet Risikobewertung und Vollzug gentechnisch veränderter Organismen, Bonn

Das nun abgeschlossene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, das gemeinsam vom Land Brandenburg und dem Bundesamt für Naturschutz gefördert und betreut wurde, steht im unmittelbaren Bezug zu offenen Fragen der Risikobewertung und des Risikomanagements, die auch 15 Jahre nach der ersten Zulassung der insektenresistenten GV-Maislinie MON810 bestehen.

Das Vorhaben konzentriert sich dabei auf die Abschätzung der Exposition der Umwelt mit dem GVO selbst, seinen Teilen oder denen in ihnen gebildeten transgenen Produkten. Für den Naturschutz ist dabei besonders relevant, dass z. B. das insektizide Cry1Ab Protein, das in MON810 Mais gebildet wird, nicht auf der Ackerfläche verbleibt, sondern beispielsweise mit dem Pollen in die angrenzenden Flächen, und damit auch in Schutzgebiete, verteilt wird. Die Abschätzung der Exposition ist dabei von grundlegender Bedeutung für die Risikoabschätzung, bei der die Exposition, Gefährdungspotential und Eintrittswahrscheinlichkeit zusammengeführt werden müssen. Umso erstaunlicher ist es, dass quantitative Daten zur Exposition zum Großteil fehlen oder nicht mit belastbaren Daten hinterlegt werden können. Das vorgestellte Vorhaben kann einige dieser Datenlücken schließen und präsentiert zudem Methoden, die in Zukunft dazu verwendet werden können die Risikoabschätzung und das Risikomanagement von GVO zu verbessern.

Die Vorarbeiten, auf denen dieses Projekt aufbaut, liegen über zehn Jahre zurück und begannen mit der Entwicklung des technischen Pollensammlers PMF/Sigma2. Dieser Pollensammler, dessen Standardisierung im Jahr 2007 über den VDI abgeschlossen wurde, ermöglichte es erstmals, den Pollenflug zwischen verschiedenen Feldern und Regionen in standardisierter Weise messen und vergleichen zu können. Anhand dieser PMF-Daten gelang es im Jahr 2007 erstmals die Pollendeposition von Mais in Abhängigkeit von der Entfernung zum nächsten Maisfeld anhand von standardisierten Messwerten für den kommerziellen Maisanbau vorauszusagen[1]. In einem nächsten Schritt wurde im Jahr 2008 näher untersucht, welche Bedingungen die Ausbreitung von Maispollen begünstigen. Gleichzeitig wurde das für die Einhaltung von Grenzwerten bei Luftschadstoffen verwendete Partikelmodell der TA-Luft auf die Verbreitung von Maispollen zugeschnitten[2]. Die Erfolge aus diesen Arbeiten führten dazu, das hier präsentierte Vorhaben auf den Weg zu bringen. Ein wichtiger Teil des Vorhabens bestand dabei darin, das für Maispollen parametrisierte Partikelmodell mit Freilanddaten zu validieren und offene meteorologische Fragen zur Ausbreitung von Maispollen zu klären. Ein anderer Teil beschäftigte sich mit der Maispollendeposition auf potentiellen Futterpflanzen sogenannter Nichtziel-Schmetterlinge, deren Larven bei der Aufnahme von *Bt*-haltigen Maispollen gefährdet sind. Auch hier wurden im Vorhaben neue Wege eingeschlagen, die es ermöglichten, erstmals Messungen der Deposition von Maispollen auf Pflanzen im Feld vorzunehmen. Pflanzenrückstände und Pollen werden jedoch nicht nur in terrestrische, sondern auch in aquatische Ökosysteme eingetragen. Erste Arbeiten aus den USA aus dem Jahr 2007 belegen diesen Eintrag. Dennoch lagen zu Projektbeginn dazu keine Daten aus Deutschland oder anderen Ländern der EU vor. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Methoden sind daher von besonderer

1 http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/agrogentechnik/07-05-31_Gutachten_Pollendeposition_end.pdf
2 http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Hofmann_et_al_2009_Maispollen_WorstCase_Modell.pdf

Bedeutung, mögliche Risiken bei der Bewertung gentechnisch veränderter Nutzpflanzen besser einschätzen zu können.

In der Gesamtschau hat das Forschungsvorhaben aus meiner Sicht die an es gestellten Erwartungen deutlich übertroffen und ich möchte an dieser Stelle allen an den Arbeiten beteiligten Personen und Institutionen danken, ohne deren Einsatz und Ideenreichtum dieser Erfolg nicht möglich gewesen wäre.

Das BfN wird sich als Behörde, die an der Risikobewertung von GVO beteiligt ist, dafür einsetzen, dass die neu gewonnenen Erkenntnisse in die Risikobewertung auf EU-Ebene einfließen und damit zum Schutz der Natur und Umwelt beitragen.

Einführung und Zielsetzung des Forschungsvorhabens

Frieder Hofmann[1, 2], Steffi Ober[3]

[1] TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Northeim/Bremen
[2] Ökologiebüro, Bremen
[3] NABU Bundesverband, Berlin

In Deutschland war in den Jahren 2006 bis 2009 der gentechnisch veränderte *Bt*-Mais MON810 zugelassen. Der MON810-Mais besitzt ein zusätzliches Toxin des *Bacillus thuringiensis (Bt)*, das ihn resistent gegen seinen Hauptschädling, den Maiszünsler, macht. Die Wirkung dieses Toxins ist allerdings nicht auf den Schädling begrenzt, auch sogenannte Nichtzielorganismen, wie z.B. Schmetterlinge können betroffen sein.

In einer Verordnung zum Gentechnikgesetz (Gentechnik-Pflanzenerzeugungsverordnung -GenTPflEV- vom 7.4. 2008) wurden in Deutschland zur Sicherung der landwirtschaftlichen Koexistenz Mindestabstände zwischen den Ackerflächen mit konventionellem Maisanbau und gv-Maisanbau festgelegt, jedoch fehlten entsprechende Regelungen wie Nichtzielorganismen in Schutzgebieten geschützt werden können, weitgehend. Dies führte beim Anbau von *Bt*-Mais in der Umgebung von Naturschutzgebieten zu Konflikten, die einer der Ausgangspunkte des Forschungsvorhabens waren. Im Fall des FFH-Gebiets und NSG Ruhlsdorfer Bruch in Brandenburg mündete die Frage in eine gerichtliche Auseinandersetzung zwischen Naturschutz und Landwirt. Eine Kernfrage bei den Auseinandersetzungen lautete, wie weit Maispollen fliegen und ob möglicherweise eine Exposition und Gefährdung von geschützten Tieren im Schutzgebiet besteht.

Mais produziert als Windbestäuber große Mengen an Pollen. In MON810, wie in den meisten *Bt*-Maissorten, wird das *Bt*-Toxin in allen Pflanzenteilen exprimiert, so dass das Toxin mit Pollen und anderen Pflanzenteilen durch Wind verfrachtet, und aus den Anbauflächen in die umgebenden Ökosysteme eingetragen wird. Grundlagendaten zur Exposition von Ökosystemen in der Nähe von Anbauflächen fehlen jedoch bislang. Das Bundesamt für Naturschutz (BfN) gab in den Jahren 2006 und 2008 zwei Gutachten in Auftrag, um bereits vorhandene Daten zur Maispollendeposition auswerten zu lassen (Hofmann 2007) und die Anwendung eines bestehenden Ausbreitungsmodells zu prüfen (Hofmann et al. 2009a).

Im Auftrag des Landesumweltamtes und des Umweltministeriums in Brandenburg wurden in den Jahren 2007 und 2008 im Ruhlsdorfer Bruch Untersuchungen zum Pollenflug durchgeführt, bei denen eine wesentliche Exposition bis in das Schutzgebiet hinein festgestellt wurde (Ober et al. 2008; Hofmann et al. 2008; Hofmann et al. 2009b; Hofmann et al. 2010). Daraufhin erfolgte in Brandenburg aus naturschutzrechtlichen Vorsorgeüberlegungen heraus für den *Bt*-Maisanbau der Erlass einer Abstandsregelung von 800 m zu sensiblen Schutzgebieten. Die Regelung beinhaltete, dass ein Anwender, der diese Distanz zu unterschreiten beabsichtigt, vorab eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchführen muss. Dies entsprach einer üblichen Vorgehensweise analog zu anderen Umweltbereichen. Für den *Bt*-Maisanbau und allgemein für GVO fehlten allerdings entsprechende Prüfkriterien sowie für diesen Zweck validierte Handlungsinstrumente, wie z.B. geeignete Ausbreitungsrechnungen. Ab dem Jahr 2009 wurde die Zulassung von *Bt*-Mais MON810 in Deutschland vorläufig ausgesetzt. Allerdings ist zukünftig mit erneuter Zulassung und Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen zu rechnen.

Die hier vorgestellten Ergebnisse und Empfehlungen basieren auf einem gemeinsamen Forschungsvorhaben des Bundes (BMU/BfN) mit dem Land Brandenburg. Während

mit dem durch das BfN geförderten Projektteil die wissenschaftlichen Grundlagen für die Expositionsabschätzung verbessert werden sollten, wurden im Auftrag des Landes Brandenburg gezielt Lösungsansätze und Handlungsempfehlungen für die naturschutzfachliche Praxis erarbeitet.

Mit der Fachveranstaltung am 8.10.2012 wurden die Ergebnisse des gesamten Forschungsvorhabens der Öffentlichkeit vorgestellt. Der hier vorgelegte Tagungsband fasst die wesentlichen Ergebnisse der Präsentationen an diesem Tag zusammen und wird im Anhang durch weitere Hintergrundinformationen zu den Handlungsempfehlungen ergänzt. Der Band gliedert sich damit wie folgt:

1. Validierung einer Ausbreitungs-Modellierung für Maispollen anhand von Freilanddaten: Hierzu wurden meteorologischen Daten, der zeitliche Verlauf der Maispollen-Konzentration sowie die räumliche Verteilung der Deposition auf standardisierte Weise erhoben.

2. Abschätzung von Intensität und Variabilität der spezifischen Maispollendeposition auf Futterpflanzen von Schmetterlingen: Hierzu wurde eine neue Methodik verwendet, die eine direkte Erhebung im Freiland erlaubt.

3. Messung der Exposition von Gewässerökosystemen durch Maispollen und -streu, wobei auch hierzu neue Methoden entwickelt wurden.

4. Handlungsempfehlungen für den Naturschutz: Neue Regelungsansätze zur Sicherung der Schutzgebiete.

Eine ausführlichere Darstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse der Punkte 1-3 wird über einen BfN-Skripte-Band im Jahr 2013 erfolgen (Band in Vorbereitung).

ad 1.) Ausbreitungsmodelle stellen bewährte Instrumente der Regelungspraxis dar. Allerdings ergaben sich bei der Anwendung von Ausbreitungsmodellen bei Maispollen allgemein Widersprüche zwischen Modell und Freilandmessungen (Hofmann et al. 2009a). Der Gradient der Maispollenausbreitung verläuft nach den Messungen im Freiland deutlich flacher als im Modell. Dies bedeutet dass im Entfernungsbereich über 100 m mehr Partikel gemessen wurden als im Modell vorhergesagt (long extending tail, siehe Aylor et al 2003). Ähnliche Befunde wurden auch von weiteren Autoren berichtet, u.a. von Loos et al. (2003), Aylor et al. (2006), Brunet et al. (2003), Arritt et al. (2007), Boehm et al. (2008).
In dem Forschungsvorhaben soll den Ursachen nachgegangen, und auf Basis einer Ausbreitungsrechnung sollen mit einem Lagrangeschen Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 (2000) Lösungsansätze erarbeitet werden. Dieses Modell stellt auch die Grundlage für die TA-Luft Ausbreitungsrechnung AUSTAL2000 dar und es hat sich inzwischen über lange Jahre bewährt. Hierzu wurden über drei Jahre zur Validierung wechselweise Modellierungen und Freilandmessungen zu Meteorologie, dem zeitlichen Verlauf der Pollenfreisetzung und der räumlichen Verteilung der Pollendeposition vorgenommen.

ad 2.) Außer dem Schädling können auch Nicht-Ziel-Organismen wie z.B. Larven von Schmetterlingen betroffen sein, wenn sie während ihrer Entwicklungsphase *Bt*-Maispollen aufnehmen. Maispollen lagern sich am Feldrand und in weiter entfernten Lagen auf den Futterpflanzen der Nicht-Ziel-Organismen ab. Wie hoch die Pollendeposition ist, ließ sich bislang nur indirekt ermitteln, indem z.B. die Pollen vom Blatt abgewaschen oder über einen Klebestreifen erfasst werden. Zudem konnte weder die Variation auf dem Blatt noch die zeitli-

che Entwicklung der Pollendeposition angemessen beschrieben werden. Aufgabe dieses Projektes war es, diese Lücke zu schließen und die Variabilität der Maispollen-Deposition auf Futterpflanzen in-situ zu untersuchen. Dazu wurde eine neu entwickelte Methode angewandt und umfangreiche Untersuchungen an verschiedenen Futterpflanzen von Schmetterlingen durchgeführt (Hofmann et al. 2011). Die Methode basiert auf der mikroskopischen Erfassung der Pollen direkt auf den Blattoberflächen im Gelände über mobile Digital-Mikroskope (Dino-Lite Pro), die mit einem Laptop auf dem Feld kombiniert werden. So kann die Pollendeposition auf den Blättern in ihrer Verteilung auf dem Blatt und im zeitlichen Verlauf genau erfasst werden.

ad 3.) Eine Exposition und Wirkung von Nicht-Ziel-Organismen (NZO) in Gewässerökosystemen wurde lange Zeit nicht beachtet bzw. negiert[1]. Neuere Untersuchungen[2] wiesen jedoch Belastungen von Gewässerökosysteme mit *Bt*-Toxin in den USA nach. Sowohl Köcherfliegenlarven als auch Daphnien können auf *Bt*-Toxin empfindlich reagieren, auch mit einer Anreicherung und Vervielfältigung von transgener DNA aus MON810-Maislinien in Muscheln ist zu rechnen. Zur Exposition von Wasserorganismen und aquatischen Systemen lagen bisher für Deutschland keine Daten vor. Aufgabe der vorliegenden Untersuchung war es daher, diesen neuen Aspekt in der Risikobewertung von *Bt*-Mais aufzugreifen, geeignete Methoden zur Quantifizierung des Eintrages von Pollen und Streu in Gewässer zu entwickeln (Kratz et al. 2010) und erste Untersuchungen zur Exposition vorzunehmen.

ad 4.) Während für die Koexistenz von GVO-Anbau Abstandsregeln nach konventionellem Anbau (150 m) und Ökolandbau (300 m) per GenTPflEV festgelegt wurden, fehlen entsprechende, bundesweit verbindliche Abstandsregelungen für Schutzgebiete. Einige Bundesländer wie Brandenburg (800 Meter), Sachsen (1000 Meter) oder Bayern (1000 Meter) haben jeweils individuelle Distanzen von gv-Mais zu Schutzgebieten erlassen, andere wiederum keine. Der Eintrag von *Bt*-Toxin in Gewässerökosysteme war zudem bislang unbeachtet. Ziel war es aus den Forschungsergebnissen Handlungsansätze für die Regelungspraxis abzuleiten. Hierzu wurden aus den Freilandmessungen Empfehlungen für Schutzabstände abgeleitet sowie ein Modell zur Kombination von Ausbreitungsrechnung mit Rauminformationen entwickelt um damit genauere Aussagen zur Exposition von Schutzgebieten treffen, und Handlungsansätze zu deren Vermeidung ableiten zu können.

Literatur

ARRITT, R.W.; CLARK, C.A.; GOGGI, A.S.; LOPEZ SANCHEZ, H.; WESTGATE, M.E.; RIESE, J.M. (2007): Lagrangian numerical simulations of canopy air flow effects on maize pollen dispersal. Field Crops Research 102: 151–162.

AYLOR, D.E.; SCHULTES, N.P.; SHIELDS, E.J. (2003): An aerobiological framework for assessing cross-pollination in maize. Agricultural and Forest Meteorology 119: 111-129.

BOEHM, M.T.; AYLOR, D.E.; SHIELDS, E.J. (2008): Maize Pollen Dispersal under Convective Conditions. Journal of Applied Meteorology and Climatology, Volume 47 (1): 291-307.

1 2007 und 2008 veröffentliche Publikationen: Rosi-Marshall et al. (2007), Bohn et al. (2008), Douville et al. (2008).

2 Der Fallentyp ist auch unter den Herstellernamen Burkard-Falle bzw. Lanzoni bekannt.

BØHN, T.; PRIMICERIO, R.; HESSEN, D.O,; TRAAVIK, T. (2008): Reduced fitness of Daphnia magna fed a *Bt*-transgenic maize variety. Arch. Environ. Contam. Toxicol, 55, 584-592.

BRUNET, Y.; FOUEILLASSAR, F.; AUDRAN, A.; GARRIGOU, D.; DAYAU, S. (2003): Evidence for long-range transport of viable maize pollen. In: Proceedings of the 1st European Conference on the Co-existence of Genetically Modified Crops with Conventional and Organic Crops, Helsingør, Denmark, November 13–14.

DOUVILLE, M.; GAGNÉ, F.; BLAISE, C.; ANDRÉ, C. (2007): Occurrence and persistence of Bacillus thuringiensis (*Bt*) and transgenic *Bt* corn cry1Ab gene from an aquatic environment. EcotoxicolEnvironSaf 66: 195-203.

HOFMANN, F. (2007): Kurzgutachten zur Abschätzung der Maispollendeposition in Relation zur Entfernung von Maispollenquellen mittels technischem Pollensammler PMF. Gutachten Ökologiebüro im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz BfN, Bonn. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen /agrogentechnik/07-05-31_Gutachten_Pollendeposition_end.pdf (last access 29.10.2012).

HOFMANN, F.; EPP, R.; KALCHSCHMID, A.; KRATZ, W.; 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. http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12302-008-0016-2?LI=true (last access 15.10.2011).

HOFMANN, F.; JANICKE, U.; JANICKE, L.; WACHTER, R. (2009a: 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. Gutachten Ökologiebüro im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN), Bonn. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Hofmann_et_al_2009_Maispollen_ WorstCase_Modell.pdf (last access 29.10.2012).

HOFMANN, F.; SCHLECHTRIEMEN, U.; KUHN, U.; VON DER OHE, W.; VON DER OHE, K.; KRUSE, L.; EPP, R.; MÜLLER, E.; KALCHSCHMID, A.; WACHTER, R.; VÖGEL, R. (2009b): Durchführung eines Pollenmonitorings an Kulturmais in FFH-Lebensräume - Projektbericht 2008 -. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 110, Potsdam. http://www.mugv.brandenburg.de/ cms/media.php/2320/fb_110.pdf (last access 29.10.2012).

HOFMANN, F.; EPP, R.; KALCHSCHMID, A.; KRATZ, W.; 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. (2010): Monitoring of *Bt*-Maize pollen exposure in the vicinity of the nature reserve Ruhlsdorfer Bruch in northeast Germany 2007 to 2008. Umweltwiss. Schadst Forsch 22 (3): 229–251 http://www.springerlink.com/content/c2012622208376x1/ (last access 15.10.2011).

HOFMANN, F.; OTTO, M.; KUHN, U.; OBER, S.; SCHLECHTRIEMEN, U.; VÖGEL, R. (2011): A New Method for in situ Measurement of *Bt*-Maize Pollen Deposition on

Host-Plant Leaves. Insects (2): 12-21. http://www.mdpi.com/2075-4450/2/1/12 (last access 29.10.2012).

KRATZ W, MANTE C, HOFMANN F, SCHLECHTRIEMEN U, KUHN U, OBER S, VÖGEL R (2010): Exposure of maize harvest by-products to aquatic ecosystems and protected nature reserves in Brandenburg, Germany. Breckling B &Verhoeven R.: Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales. Theorie in der Ökologie 16, 20-21. Frankfurt, Peter Lang.

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.

OBER, S.; HOFMANN, F.; SCHLECHTRIEMEN, U.; KUHN, U.; WEDL, N.; VON DER OHE, W.; VON DER OHE, K.; RADTKE, J.; MÜLLER, A.; KALCHSCHMID, A.; KRUSE, L.; EPP, R. (2008): Durchführung eines Pollenmonitorings von Mais im Naturschutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch 2007. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 109, Potsdam. http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/2320/fb_109.pdf (last access 29.10.2012).

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. ProcNatlAcadSci USA 104: 16204–16208.

VDI 3945 BLATT 3 (2000): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Partikelmodell. VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd. 1a, Beuth Verlag, Berlin.

TIEM
Integrierte Umweltüberwachung GbR

ÖKOLOGIE BÜRO

Bund-Länder-F+E-Vorhaben (UFOPLAN FKZ 3509 89 0300)
2009-2012

Eintrag von *Bt*-Mais in die Umwelt

- Einführung in das Forschungsvorhaben -

Frieder Hofmann

Bund-Länder-F+E-Vorhaben (UFOPLAN FKZ 3509 89 0300)
2009-2012

Eintrag von *Bt*-Mais in die Umwelt

Projektteam:

S. Ober, C. Unseld, IFÖN & NABU (Auftragnehmer und Projektkoordination)
F. Hofmann, Ökologiebüro *TIEM* Integrierte Umweltüberwachung (Wiss. Projektleitung)
U. Schlechtriemen, *TIEM* Integrierte Umweltüberwachung GbR
U. Kuhn, Büro Kuhn / *TIEM*
U. Janicke, L. Janicke, Ing.-Büro Janicke
W. Koch, Fraunhofer ITEM
K.-P. Wittich, Zentrum f. Agrarmeteorologische Forschung DWD
W. Kratz, C. Mante, FU Berlin
B. Schröder, B. Boessenkool, S. Haase, E. Niemann, L. Schiebel, R. Schütz, Uni Potsdam
R. Wachter, Pollenflug
R. Vögel, J. Peil, LUGV BBG
M. Otto, BfN

Folie 2

Bund-Länder-F+E-Vorhaben (UFOPLAN FKZ 3509 89 0300)
2009-2012

Danksagung

- Fördermittelgebern von Bund (BMU, BfN) und Land (MUGV, LUGV Brandenburg)
- Hansen-Stiftung
- Landwirt Johannes Niedeggen mit MitarbeiterInnen vom Gut Kerkow
- Landwirten Jänicke (Welsow), Knie (Kerkow) & Böhling (Schmargendorf)
- J. Kienast und G. Beyer mit ihrem Team vom NABU-Zentrum Blumenberger Mühle
- G. Sperling und seinem Team von der DWD-Wetterwarte Angermünde
- M. Meyer, W. Müller, A. Meßling, R. Hennings, T. Vogt , H. Salinski vom ZAMF des DWD in Braunschweig
- A. Schrade von der Naturwacht Angermünde
- Fam. Winkler aus Kerkow
- VERN e.V. in Greiffenberg
- Jagdpächtern im Raum Kerkow

Folie 3

Gliederung des Forschungsvorhabens

Eintrag von *Bt*-Mais in die Umwelt

1. Validierung der Ausbreitungsmodellierung für den Maispollenflug
2. Erfassung der Variabilität der Maispollendeposition auf Futterpflanzen von Schmetterlingen
3. Exposition von Gewässerökosystemen durch Pollen und Streu aus dem Maisanbau

Folie 4

Ausgangspunkt

Gerichtliche Auseinandersetzungen zwischen Unteren Natuschutzbehörden und Anbauern z.B. *Bt*-Maisanbau im Bereich des FFH/NSG Ruhlsdorfer Bruch in Brandenburg (BBG)

Eine Kernfrage in der Auseinandesetzung: Wie weit fliegen Maispollen?

Nach festgestellter wesentlicher Exposition im Schutzgebiet folgte in 2008 ein Erlass in BBG mit Abstandsregelung von 800 m. Sofern ein Anwender näher anbauen möchte ist eine UVP erforderlich.

Dies entspricht einer üblichen Vorgehensweise analog anderer Umweltregelungsbereiche.

Problem jedoch hier:
Es fehlen festgelegte Prüfkriterien und für diesen Zweck validierte Handlungsinstrumente, wie z.B. entsprechende Vorgaben für Ausbreitungsrechnungen.

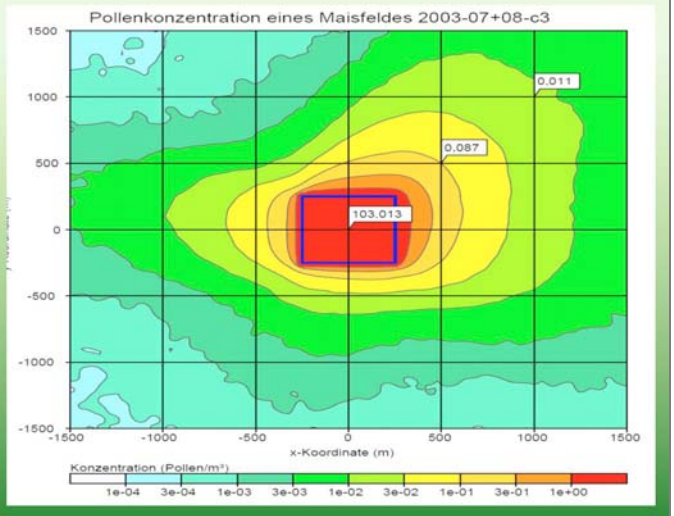
Folie 5

1. Validierung Ausbreitungsmodellierung für Maispollenflug

Ziel:
Anwendung des etablierten Ausbreitungsmodells nach Richtlinie VDI 3945/3 (Partikelmodell, z.B. LASAT und AUSTAL2000 der TA-Luft) für Umweltverträglichkeitsprüfungen von *Bt*-Mais

Das Ausbreitungsmodell ist für viele Anwendungen validiert worden und seit über 10 Jahren im praktischen Einsatz.

Probleme gab es allerdings bei der Anwendung von Ausbreitungsmodellen generell bei Maispollen

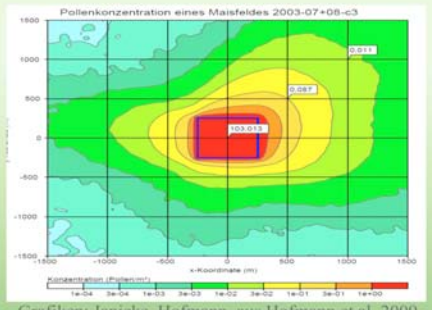


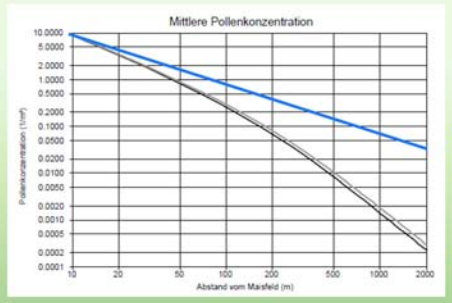
Folie 6

Diskrepanz Ausbreitungsmodellierung - Freilandmessungen

Freilandmessungen zeigten, dass Maispollen erheblich weiter transportiert werden als von Modellrechnungen vorhergesagt!

(siehe Aylor et al. 2003 & 2006, Brunet et al. 2003, Loos et al. 2003, Richter & Seppelt 2003, Jarosz et al. 2003, 2004, 2005, Arritt et al. 2007, Hofmann 2007, Lipsius et al. 2007, Boehm et al. 2008, van Hout et al. 2008, Hofmann et al. 2009, Viner & Arritt 2010 & 2012).





Freiland-messung

Ausbreitungs-rechnung

Grafiken: Janicke, Hofmann, aus Hofmann et al. 2009

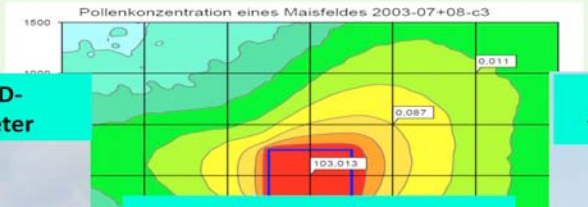
In der Literatur finden sich diverse mögliche Gründe als Erklärungsansätze, allerdings fehlen hinreichende Daten für eine Validierung :

- **Ungenügend berücksichtigte meteorologische Effekte wie Thermik über dem Maisfeld oder Starkwinde während der Blüte auf Grund mangelnder Daten hierzu;**
- **Ungenügende Daten zum zeitlichen Verlauf der Blüte (Pollenemission);**
- **Ungenauigkeiten in der Modellierung für Maispollen, z.B. in der Grenzschichtparametrisierung;**
- **Überlagerungseffekte durch Beiträge weiterer Maisfelder.**

Folie 7

Vorhaben zur Validierung der Ausbreitungsrechnungen mit Freilandmessungen
3 Phasen über die Jahre 2009-2011 im Raum Angermünde

- **Ausbreitungsrechnungen**
- **Erfassung der Meteorologie**
- **Erfassung des zeitlichen Verlaufs von Maispollenschütte und Immission**
- **Erfassung der räumlichen Verteilung der Maispollendeposition**



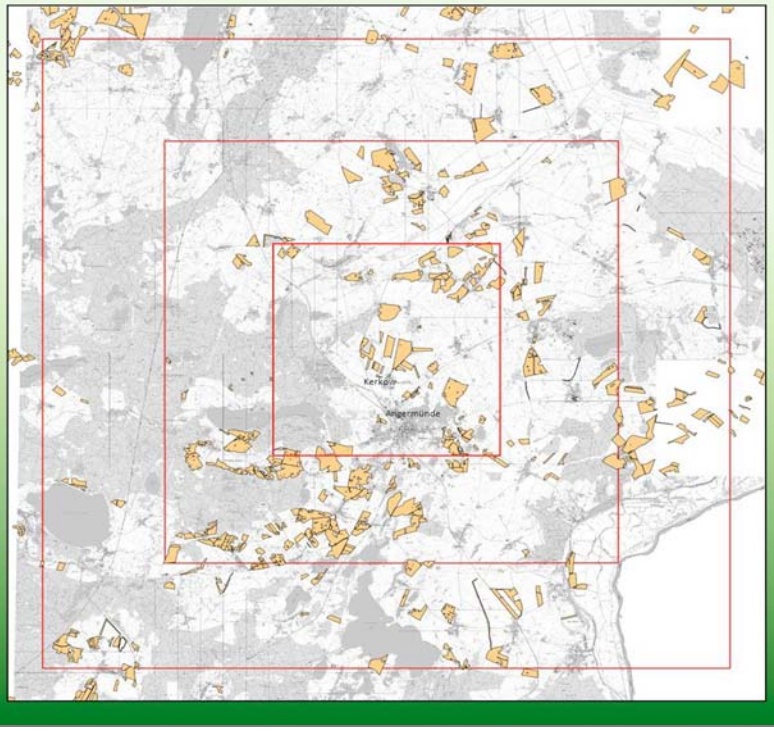
Meteorologie mit 3D-Ultraschallanemometer

Pollenmonitore für zeitlichen Verlauf

Pollenpassivsammler für räumliche Verteilung

Folie 8

Berücksichtigung Maisanbau in einem 30 km x 30 km Untersuchungsraum



Maisan
bau
2011

Folie 9

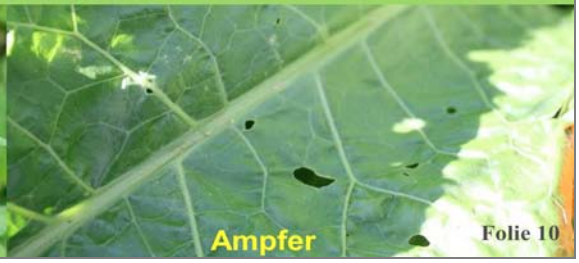
2. Variabilität der Maispollendeposition auf Blättern

Brennessel

Mais

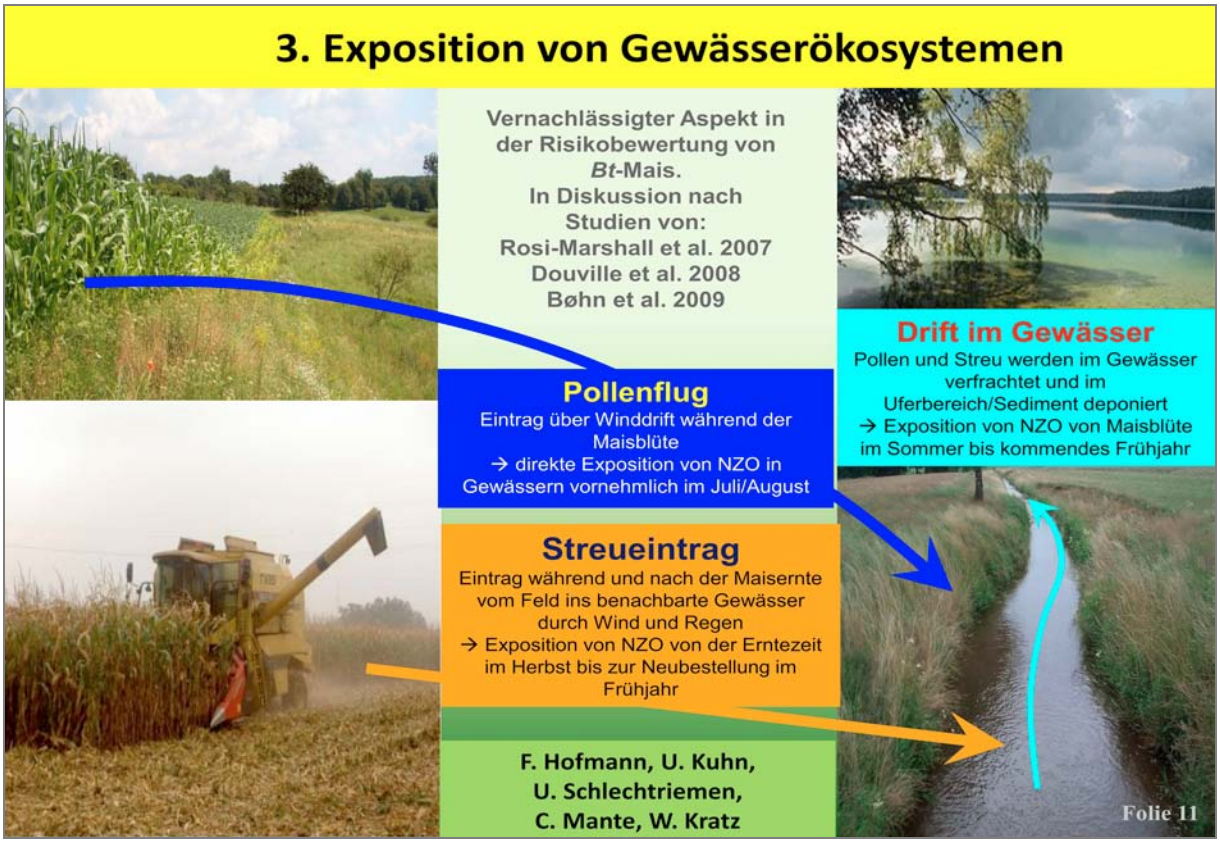
Gänsefuß

F. Hofmann, U. Kuhn, U. Schlechtriemen, B. Boessenkool, S. Haase,
E. Niemann, L. Schiebel, R. Schütz & B. Schröder



Ampfer

Folie 10


3. Exposition von Gewässerökosystemen
Vernachlässigter Aspekt in der Risikobewertung von *Bt*-Mais.
In Diskussion nach Studien von:
Rosi-Marshall et al. 2007
Douville et al. 2008
Bøhn et al. 2009
Pollenflug
Eintrag über Winddrift während der Maisblüte
→ direkte Exposition von NZO in Gewässern vornehmlich im Juli/August
Streueintrag
Eintrag während und nach der Maisernte vom Feld ins benachbarte Gewässer durch Wind und Regen
→ Exposition von NZO von der Erntezeit im Herbst bis zur Neubestellung im Frühjahr
Drift im Gewässer
Pollen und Streu werden im Gewässer verfrachtet und im Uferbereich/Sediment deponiert
→ Exposition von NZO von Maisblüte im Sommer bis kommendes Frühjahr
F. Hofmann, U. Kuhn, U. Schlechtriemen, C. Mante, W. Kratz
Folie 11

Validierung der Ausbreitungsrechnung für Maispollen

Ulf Janicke, Lutz Janicke

Ing.-Büro Janicke, Überlingen

In Hinblick auf den Anbau von *Bt*-Mais ist ein zentraler Aspekt die Frage, bis zu welcher Entfernung vom Feld sich Maispollen signifikant ausbreiten. Einfache ballistische Abschätzungen und Modellrechnungen liefern einen stärken Abfall der Pollenimmission mit der Entfernung vom Feld, als er sich in Messerhebungen widergespiegelt hat. Mit Hilfe von Ausbreitungsrechnungen wurde daher untersucht, welche Effekte bei der Ausbreitung der Maispollen eine Rolle spielen und ob die Maispollenimmission in Entfernungen zwischen etwa 10 m und 1000 m vom Feld realitätsnah von einem Ausbreitungsmodell berechnet werden kann. Hierzu wurden Vergleiche zwischen den Pollenmessungen in Angermünde und Modellrechnungen durchgeführt. Als Ausbreitungsmodell kam ein Lagrange´sches Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945 Blatt 3 zum Einsatz (LASAT). Dieser Modelltyp wird als Standardmodell in unterschiedlichen Bereichen des Immissionsschutzes eingesetzt (u.a. TA Luft und GIRL).

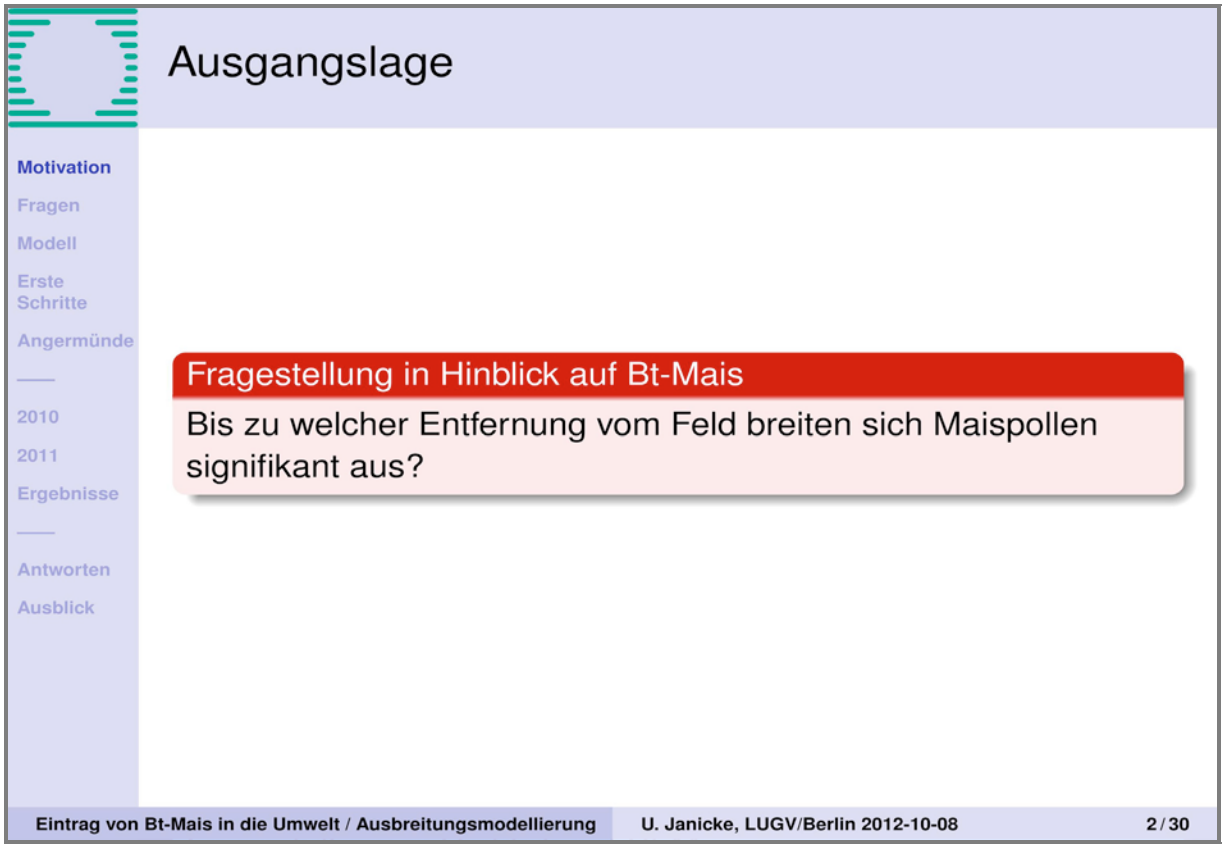
Auswertungen meteorologischer Messungen und Vergleiche von Modellrechnungen mit Konzentrationsprofilen über einem Maisfeld ergaben keinen Hinweis auf besondere thermische Effekte über dem Maisfeld. Hingegen haben die Untersuchungen gezeigt, dass ab Entfernungen von etwa 200 m der Immissionsbeitrag von weiter entfernten Maisfeldern signifikant sein kann.

Die Messungen der Pollenimmissionen mit zeitauflösenden PMO-Geräten und zeitintegrierenden PMF-Geräten wurden mit den Ergebnissen von Ausbreitungsrechnungen verglichen, in denen die konkrete Feldanordnung und die zeitabhängige, örtliche Meteorologie berücksichtigt wurde. Die zeitabhängige Emissionsrate für die Modellrechnung wurde üblicherweise aus PMO-Immissionsmessungen im Feld abgeleitet. Der gemessene Abfall der Pollenimmission als Funktion der Entfernung vom Feld wurde von den Modellrechnungen wiedergegeben. Auch der modellierte Absolutwert des über die Blüteperiode integrierten Pollenflusses stimmte gut mit den PMF-Messungen überein, wenn die systematischen Unterschiede zwischen PMO- und PMF-Messungen berücksichtigt wurden.

Mit den Vergleichen ist das Ausbreitungsmodell in Kombination mit den für diesen Einsatzbereich gewählten Standard-Parametersetzungen erfolgreich validiert worden.

Für die konkrete Situation Angermünde 2011 zeigte sich, dass einfache Annahmen zur Emissionsrate ausreichten, um den gemessenen, über die Blühperiode integrierten Pollenfluss mit einer Ausbreitungsrechnung zufriedenstellend wiederzugeben. In diesem Fall ist die Berechnung der Immissionsverteilung nur für ein kleines Testfeld erforderlich, die Gesamtimmission ergibt sich hieraus durch mathematische Faltung mit der Feldverteilung (Verfahren „TAFF“). Soweit die Voraussetzungen seiner Anwendung erfüllt sind, liefert dieses Verfahren eine einfache Abschätzung der Maispollenimmission unter Berücksichtigung der örtlichen Meteorologie und Feldverteilung.

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick
FuE-Vorhaben (FKZ 3509 89 0300)
Eintrag von Bt-Mais in die Umwelt
Pollenflug:
Validierung der Ausbreitungsmodellierung
Dr. Ulf Janicke
Dr. Lutz Janicke
8. Oktober 2012
Ing.-Büro Janicke, 88662 Überlingen, www.janicke.de
LUGV Fachveranstaltung, Berlin 2012-10-08
1 / 30


Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick
Ausgangslage
Fragestellung in Hinblick auf Bt-Mais
Bis zu welcher Entfernung vom Feld breiten sich Maispollen signifikant aus?
Eintrag von Bt-Mais in die Umwelt / Ausbreitungsmodellierung
U. Janicke, LUGV/Berlin 2012-10-08
2 / 30

Naive Antwort

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

- Dichte der Maispollen ca. 1,25 g/cm^3
- Durchmesser der Maispollen ca. 80μm
- → Sinkgeschwindigkeit 0,2 m/s
- → Falldauer aus 2 m Höhe 10 s
- → Transportweg bei 2 m/s Windgeschwindigkeit 20 m

Ballistische Betrachtung

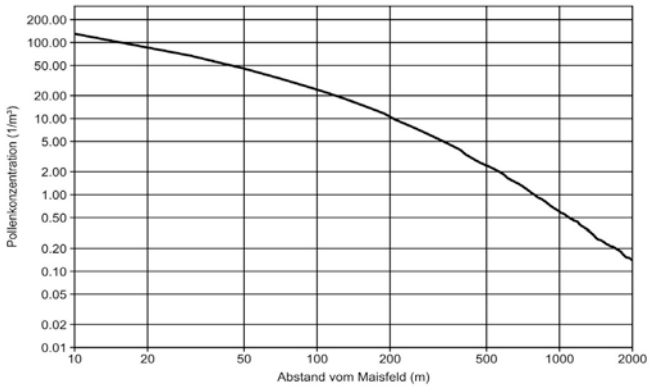
Kein Pollenfluß ab einem Abstand von etwa 20 m.

Falsch!

Atmosphärische Turbulenz wirkt der Sedimentation entgegen.

Modellrechnung

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

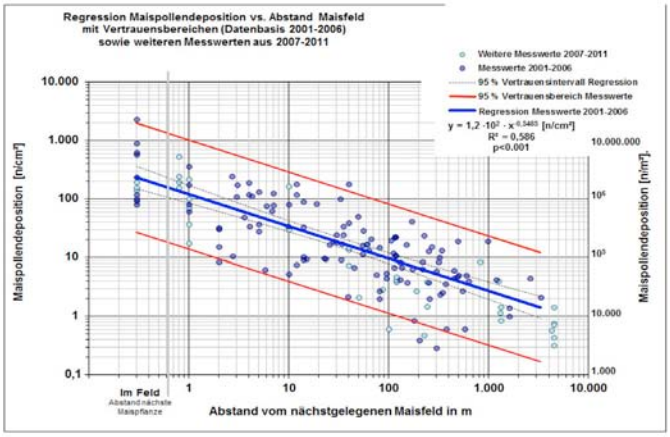


Rechnung für eine Einzelfahne

Abfall von 10 m bis 1000 m auf etwa 1% bis 0,1%.

Gemessene Antwort

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick



Gemessene Pollenflüsse (Hofmann, 2007)

Gemittelter Abfall von 10 m bis 1000 m auf etwa 10%.

Fragen

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

- *Wie sind die Messungen zu interpretieren?*
- *Spielen bei der Ausbreitung von Maispollen besondere Effekte eine Rolle?*
- *Können die Meßbefunde durch Ausbreitungsrechnungen wiedergegeben werden?*
- *Kann die Maispollenimmission von einem Ausbreitungsmodell realitätsnah berechnet werden?*
  - Besseres Verständnis des Ausbreitungsverhaltens
  - Ersatz für fehlende Messungen
  - Immissionsprognosen
  - Ergänzung zu Abstandsregelungen
  - ...

Eingesetztes Ausbreitungsmodell

Lagrangesches Partikelmodell nach Richtlinie VDI 3945/3.

ICS 07.060;13.040.01 VDI-RICHTLINIEN September 2000 / September 2000

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Atmosphärische Ausbreitungsmodelle
Partikelmodell

Environmental meteorology
Atmospheric dispersion models
Particle model

VDI 3945
Blatt 3/Part 3

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgabe: 11.99 Entwurf, deutsch
Former edition: 11/99 draft, in German only

hts reserved © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 2000

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).
No guarantee can be given with respect to the English translation. The German version of this guideline shall be taken as authoritative.

Inhalt Seite

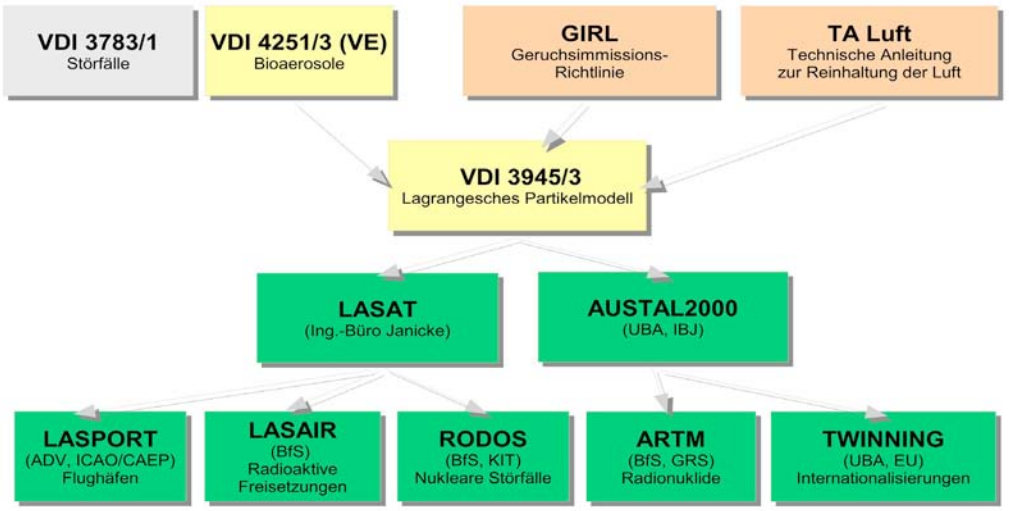
Vorbemerkung . . . 2
Zielsetzung und Anwendungsbereich . . . 3
Begriffe und Definitionen . . . 4
Liste der Formelzeichen . . . 9
1 **Einleitung** . . . 11
2 **Modellbeschreibung** . . . 14
2.1 Konzept . . . 14

Contents Page

Preliminary note . . . 2
Scope and objective . . . 3
Terms and definitions . . . 4
Nomenclature . . . 9
1 **Introduction** . . . 11
2 **Model description** . . . 14
2.1 Concept . . . 14

duction – even for internal use – not permitted

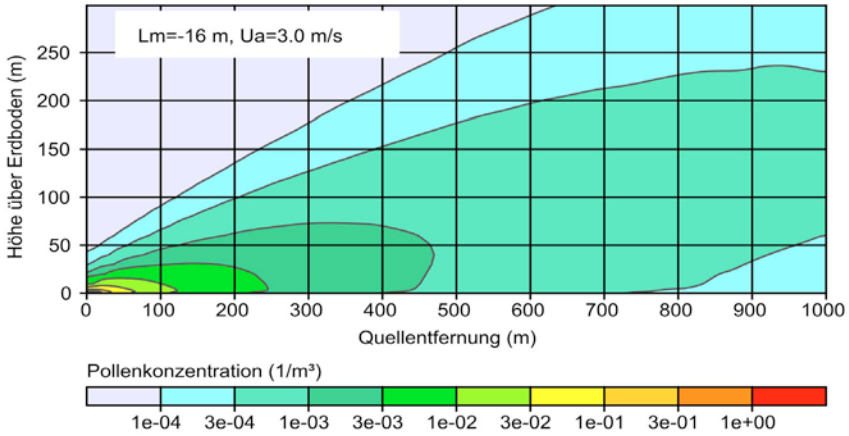
Partikelmodell – Einsatz



Grundlegende Tests zur Flugweite

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

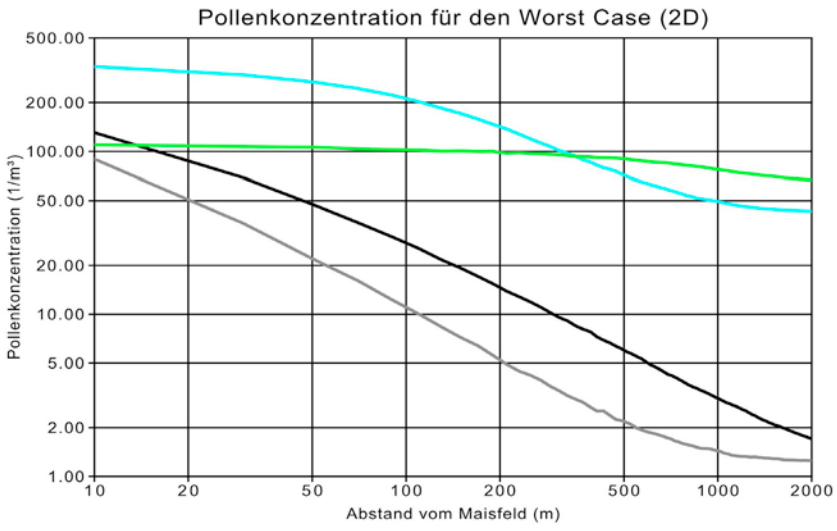
Fahnenverlauf von sedimentierenden Maispollen in Abhängigkeit von Meteorologie und Feldgeometrie.



Grundlegende Tests zur Flugweite

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

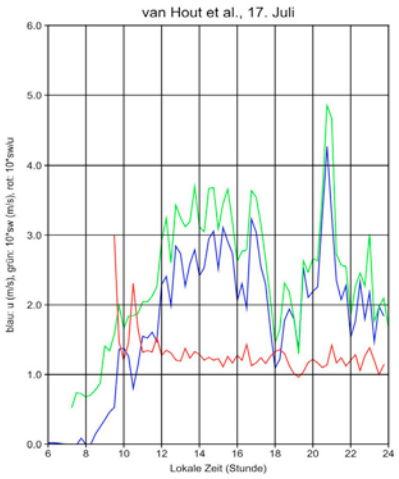
Möglicher Einfluß von Umlandfeldern und besonderer Thermik.



Literaturstudie und vergleichende Tests

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Gemessene Meteorologie und Konzentrationprofile über einem Maisfeld.



Beispiel: Verhältnis (rot) von Geschwindigkeitsfluktuationen (grün) und Windgeschwindigkeit (blau) über einem Maisfeld.
→ Indifferente bis leicht labile Schichtung, relativ unabhängig von der Tageszeit.

Ergebnisse

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

1. Eingesetzte Standardmodelle (Partikelmodell plus Grenzschichtmodell) für Detailuntersuchungen geeignet.
2. Ergebnisse konsistent mit betrachteter Literatur.
3. Einfluß einer besonderen Thermik nicht erkennbar.
4. Möglicher Einfluß von Umlandfeldern ab einigen 100 m Entfernung.

Angermünde

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Ausbreitungsmodell und Grenzschichtmodell (LASAT) ✓
Sedimentations- und Depositionseigenschaften ✓
Modellierung des Maisfeldes ✓

Fragestellungen

1. Zeitlicher Verlauf der Pollenausschüttung.
2. Räumliche Verteilung der Pollenimmission.
3. Einfluß von Meteorologie und Umlandfeldern.
4. Vergleich von gemessener und berechneter Pollenimmission.

→ **Validierung der Ausbreitungsmodellierung**

Angermünde 2010

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

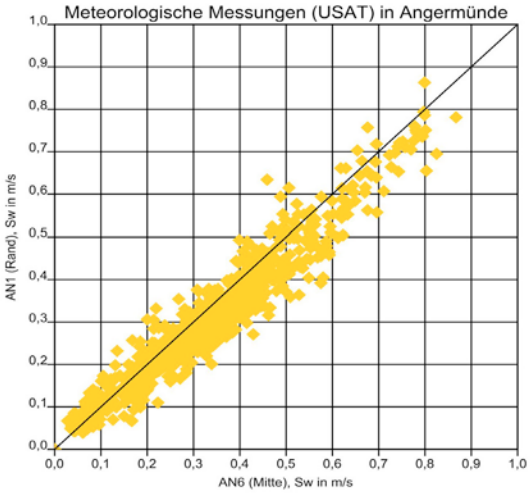
Ausbreitungsmodell und Grenzschichtmodell ✓
Sedimentations- und Depositionseigenschaften ✓
Modellierung des Maisfeldes ✓

Untersuchungen

- Auswertung der meteorologischen Messungen.
- Vergleich von PMO- und PMF-Messungen.
- Ableitung der Emissionsrate des Versuchsfeldes.
- Vergleich von Messungen und Modellrechnungen.

Meteorologie

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick



Beispiel: Vertikale Geschwindigkeitsfluktuationen (10-Minuten-Mittel) über dem Feld (horizontale Achse) und am Feldrand (vertikale Achse): Kein Hinweis auf signifikanten Unterschiede.

PMO versus PMF

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Hintergrund:

- Emissionsrate für die Ausbreitungsrechnung: abgeleitet aus den PMO-Messungen im Feld.
- Ergebnis der Ausbreitungsrechnung: verglichen mit den PMF-Messungen (und den PMO-Messungen).

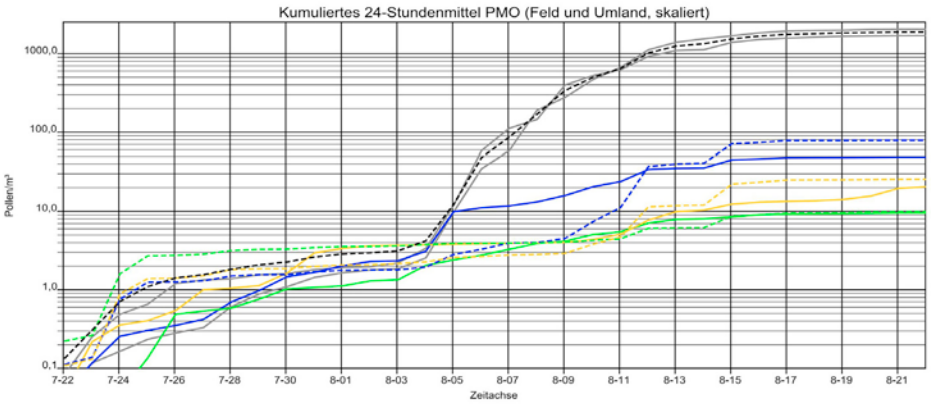
Analyse der Meßwerte

PMO lieferte in der Meßphase Angermünde 2010 eine um etwa einen Faktor 3 höhere Pollenzahl als PMF.

Modellvalidierung

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Kumulierte Pollenkonzentration über die gesamte Blühdauer.

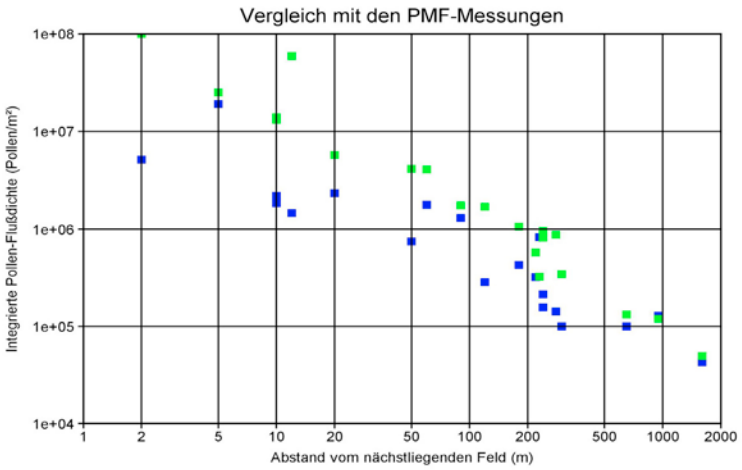


Schwarz: Im Feld (Kalibrierung). Andere Farben: Außerhalb des Feldes. Durchgezogen: gemessen. Gestrichelt: modelliert.

Modellvalidierung

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Integrierter Pollenfluß über die gesamte Blühdauer.



Blau: PMF-Messungen. Grün: Modellierung (ohne PMO/PMF-Korrektur).

Ergebnisse

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

1. Einfluß einer besonderen Thermik nicht erkennbar.
2. Unterschiede PMO/PMF-Messung zu beachten.
3. Signifikanter Einfluß der Umlandfelder ab etwa 200 m Entfernung.
4. Modellergebnisse konsistent mit Messungen → erfolgreiche Modellvalidierung.

Angermünde 2011

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Ausbreitungsmodell und Grenzschichtmodell ✓
Sedimentations- und Depositionseigenschaften ✓
Modellierung des Maisfeldes ✓
Ableitung der Emissionsrate aus Konzentrationsmessungen im Feld ✓
Verwendung meteorologischer Standarddaten ✓
Berücksichtigung von Umlandfeldern für größere Abstände ✓

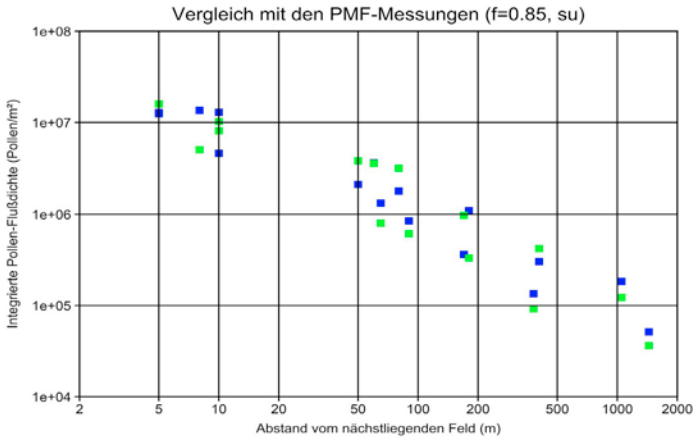
Untersuchungen

- Zusätzliche, unabhängige Modellvalidierung (Blindtest).
- Varianten zur Abschätzung der Umlandemission.
- Vereinfachte Abschätzung der Feldemission.

Modellvalidierung (Blindtest)

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

- Emissionsraten der Versuchsfelder aus den PMO-Messungen im Feld.
- Emissionsraten der Umlandfelder zugewiesen nach Feldkategorie.
- PMO/PMF-Korrektur.

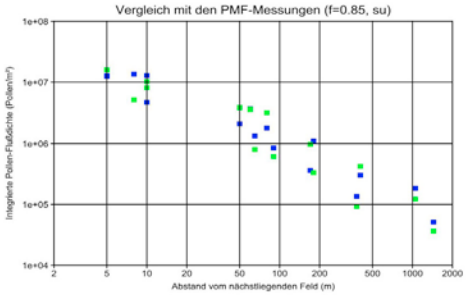


Blau: PMF-Messungen. Grün: Modellierung.

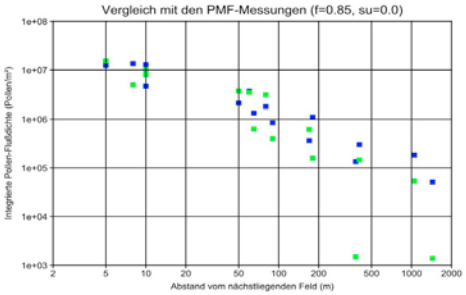
Einfluß der Umlandfelder

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Mit Umlandfeldern



Ohne Umlandfelder

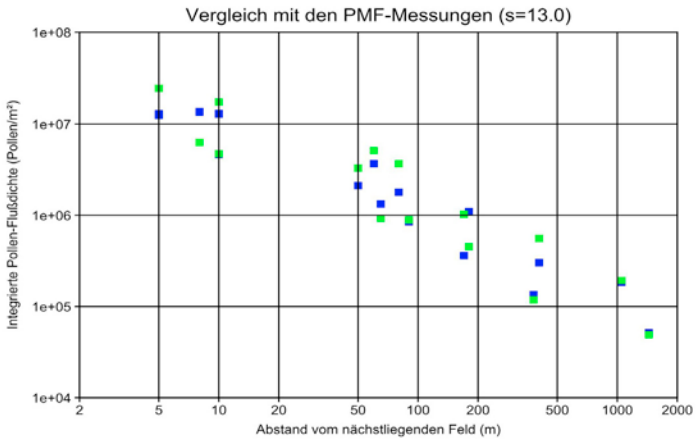


Vereinfachter Ansatz

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Einheitlicher, konstanter Skalierungsfaktor für Versuchs- und Umlandfelder.

(Emissionsrate 13 bzw. 3 Pollen/(m^2s) bei Tag bzw. Nacht für jedes Feld)



TAFF

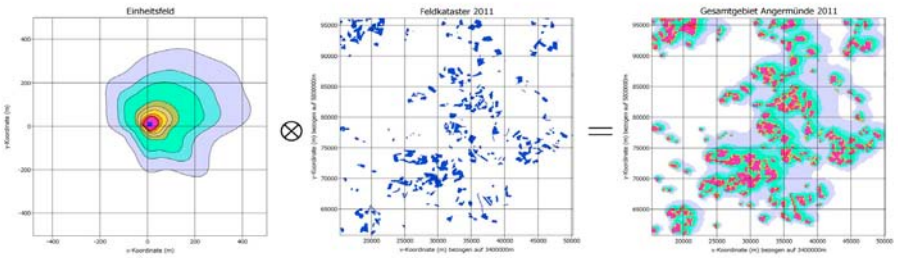
Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

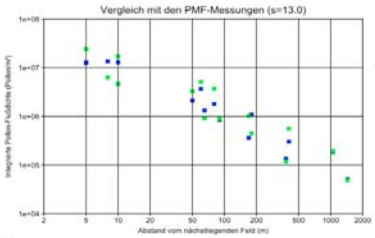
Vereinfachter Ansatz: TAFF

1. ***T**eilfeld*: Festlegung eines Einheitsfeldes (z.B. 20 m mal 20 m).
2. ***A**usbreitungsrechnung*: Ausbreitungsrechnung für das Einheitsfeld mit generischem Tag/Nacht-Zeitgang der Emission und aktueller Meteorologie.
3. ***F**eldverteilung*: Bestimmung der Feldverteilung im Betrachtungsgebiet.
4. ***F**altung*: Faltung (Überlagerung) der Feldverteilung mit der Immissionsverteilung des Einheitsfeldes.

TAFF

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick





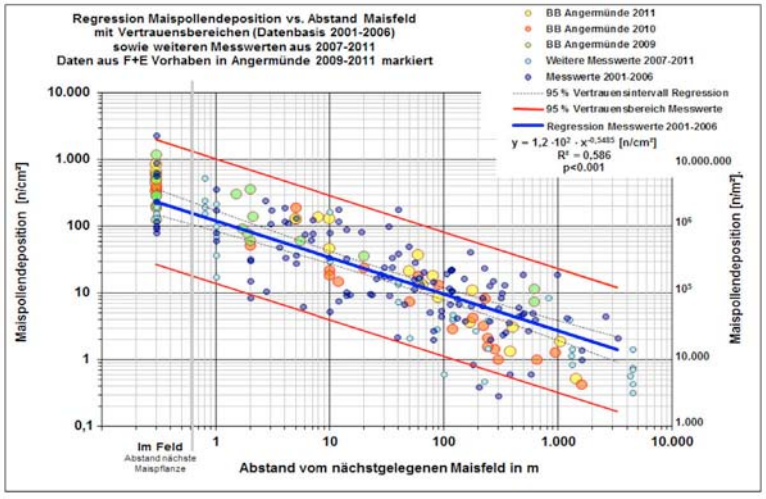
Übereinstimmung mit den Messungen für Angermünde 2011.

Voraussetzungen:

- Ähnlicher Freisetzungsmenge pro Quadratmeter für alle Felder.
- Geringe feldspezifische Korrelation zwischen Emission und Meteorologie.
- Geringe Geländeeffekte.

Ergebnisse

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick



Die Ausbreitungsrechnungen geben den Verlauf der gelben und orangenen Meßpunkte richtig wieder.

Ergebnisse

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

1. Erfolgreiche Validierung der Ausbreitungsmodellierung.
2. Verwendung detaillierter Messungen.
3. Vereinfachtes Vorgehen ohne direkte Emissionsmessungen (TAFF).

Antworten

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

- *Wie sind die Messungen zu interpretieren?*
  In das Abstandsverhalten geht die konkrete Meteorologie und der Einfluß von Umlandfeldern ein.
- *Spielen bei der Ausbreitung von Maispollen besondere Effekte eine Rolle?*
  Für Abstände von mehr als etwa 200 m können Beiträge der Umlandfelder signifikant werden.
- *Können die Meßbefunde durch Ausbreitungsrechnungen wiedergegeben werden?*
  Ja, soweit die Meteorologie und das Emissionsverhalten der Felder berücksichtigt werden.
- *Kann die Maispollen-Immission von einem Ausbreitungsmodell realitätsnah berechnet werden?*
  Ja, mit dem hier beschriebenen Standardverfahren basierend auf einem Lagrangeschen Partikelmodell nach VDI 3945/3.

Weitere Untersuchungen

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

- Variation von Pollenemission und Meteorologie
- Vergleich mit Abstandsregelungen
- Sensitivitätstests, z.B. Einfluß von
  - Grenzschichtmodell (LASAT/A2K)
  - Rauhigkeitslänge
  - Katastergüte
  - Emissionsrate
- ...

Ausblick

Motivation
Fragen
Modell
Erste Schritte
Angermünde
2010
2011
Ergebnisse
Antworten
Ausblick

Standardisierte Immissionsprognose für Maispollen

- Mit einem validierten Verfahren, basierend auf einem Partikelmodell nach VDI 3945/3.
- In enger Korrespondenz zu TA Luft und GIRL.
- Konsistent zu Richtlinie VDI 4251/3 (VE).

In Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Eingangsdaten:

1. Meßbasierte Emissionsraten, aktuelle Meteorologie.
2. Übersichtsrechnung mit Standardraten (TAFF), repräsentative AKTerm.

Vorteile gegenüber einfachen Abstandsregelungen:

- Berücksichtigung der örtlichen meteorologischen Verhältnisse.
- Berücksichtigung der örtlichen Feldverteilung.
- Berücksichtigung der typischen Emissionsstärke.

Die Bedeutung der Meteorologie für die Pollenfreisetzung und Pollenausbreitung

Klaus-Peter Wittich

Deutscher Wetterdienst (DWD) – Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung (ZAMF) – Braunschweig

1. Problemstellung und Ziel

Das Thema der Pollenfreisetzung und -ausbreitung gehört zu den traditionellen Arbeitsgebieten der Agrarmeteorologie, wobei es nicht nur wegen der GVO-Problematik, sondern auch wegen der Allergenität bestimmter Pollenarten einen hohen - auch internationalen - Stellenwert besitzt.

Der Tagesgang der Pollenemission wird häufig mit tagesperiodisch sich ändernden meteorologischen Zustandsgrößen wie Temperatur, Wind, Strahlung etc. in Verbindung gebracht. Darüber hinaus geht man aber auch der Frage nach, inwieweit er sich durch die turbulenten Eigenschaften des Strömungs- und Temperaturfeldes erklären lässt. Aus meteorologischer Sicht besitzt die Turbulenz nicht nur eine übergeordnete Bedeutung für die Struktur und Fluktuation des Wind- und Temperaturprofils, sondern auch für die Effizienz des Energietransports in der bodennahen Luftschicht. Die tagsüber durch solare Einstrahlung erfolgende Erwärmung der Landoberfläche und die dadurch induzierte Labilisierung der bodennahen Atmosphäre gehen mit thermischer Turbulenzerzeugung einher. Diese sorgt für die Durchmischung der Luftschicht und damit für die Diffusion der von der Strömung getragenen gasförmigen und festen Beimengungen. Ein morgendliches Anwachsen der Mischungsschicht und eine Anreicherung dieser Schicht mit atmosphärischem Plankton (biologische Partikel, u.a. Pollen) sind weitere Begleiterscheinungen. Sie lassen sich z.B. durch Rückstreusignale eines Wolkenradars nachweisen.

Hiermit wird deutlich, dass die Behandlung der Pollenthematik (Emission, Transport, Sedimentation) ohne Kenntnis des meteorologischen Umfeldes unmöglich ist. Insofern unterstützte der DWD das Vorhaben mit dem Ziel, die Datenversorgung für das zum Einsatz kommende Modell LASAT (siehe Beitrag Janicke) sicherzustellen und der Frage nach der Bedeutung der Turbulenz nachzugehen.

2. Messungen und Methoden

Das Vorhaben sah vor

- die beteiligten Projektgruppen mit Daten (Hintergrundmessungen) der Wetterwarte Angermünde für pollenflugrelevante Zeiträume zu versorgen
- aus diesen Daten abgeleitete Ausbreitungsklassen (AKTerm-Produkte) bereitzustellen
- meteorologische Daten inkl. Turbulenzdaten während der Messkampagne 2010 zu erheben.

a) Hintergrundmessungen:

Die von der Wetterwarte Angermünde gemessenen Daten (wie z.B. Wind, Temperatur, Niederschlag, Wolkenbedeckung, Strahlung, etc.) dienen der Beschreibung des allgemeinen Witterungsverlaufs sowie der Grobabschätzung der leeseits des Maisfeldes zu wählenden Ausrichtung der Pollenfänger. Aufgrund der Dynamik der Atmosphäre war zu erwarten, dass die vor Experimentbeginn festzulegende Leeausrichtung mit Unsicherheiten behaftet sein wird. Dies zeigt ein Vergleich der Windrosen des Jahres 2010 und der Normalperiode 1961 – 1990. So traten innerhalb des zweimonatigen Zeitraums Juli/ August, der die Maisblüte einschließt, neben den statistisch erwarteten Westwinden vor allem auch Südströmungen auf, in die Gewitterstörungen mit teils kräftigen Niederschlägen eingelagert waren.

b) AKTerm

Mithilfe von Daten seiner Wetterwarten erstellt der DWD (Abt. Klima- und Umweltberatung, Offenbach) Ausbreitungsklassen als Eingabegrößen für Partikeltransport- und Ausbreitungsmodelle. Diese Klassen beschreiben die thermischen Verhältnisse der bodennahen Atmosphäre, aus der sich wiederum die Turbulenzeigenschaften der Strömung ableiten lassen. Die Berechnung ist standardisiert und erfolgt auf der Grundlage der TA-Luft: Die Ausbreitungsklasse I steht für eine thermisch sehr stabile Schichtung einer überwiegend wolkenlosen Nacht, gekennzeichnet durch eine Abkühlung der Landoberfläche und folglich durch eine vertikale Temperaturzunahme, wobei die Wirbelentstehung und turbulente Durchmischung nahezu unterdrückt werden (siehe schmale, schwach fluktuierende Rauchsäule in der Grafik). Die Klasse V repräsentiert dagegen eine sehr labile Schichtung, die bei hoher Einstrahlung und Bodenerwärmung sich durch eine starke vertikale Temperaturabnahme, durch thermisch angeregte Turbulenz, Wirbelbildung und hohe Durchmischungsfähigkeit auszeichnet (kenntlich gemacht durch die stark fluktuierende Rauchsäule). Wolkenbedeckte Tage sind durch eine mittlere Ausbreitungsklasse mit indifferenter thermischer Schichtung (Temperaturabnahme von ca. 1 °C pro 100 m Höhendifferenz) und mittlerer Turbulenz charakterisiert. Die Ausbreitungsklassen lassen sich in Turbulenzparameter umrechnen.

c) Messkampagne 2010

Die Messkampagne 2010 zielte darauf ab, die Turbulenzbedingungen über einem Maisfeld und einer benachbarten feuchtgründigen Grasfläche zu erfassen. Hierbei sollte die Arbeitshypothese überprüft werden, ob zusätzlich zum überwiegend horizontalen Pollentransport eine thermische Zirkulation angenommen werden muss, um die leeseitige Konzentrationsdifferenz zwischen Messung und einzelfeldbezogener einfacher ‚Single-Source'-Modellierung zu erklären (sog. Schließungslücke).

Im Rahmen des Feldexperiments wurden deshalb Parameter erfasst, die auf die Turbulenzeigenschaften des Wind- und Temperaturfeldes abzielten (z.B. Schubspannungsgeschwindigkeit, Wärmeflussdichte) und damit die Messung der Windgeschwindigkeit, Temperatur sowie anderer Zustandsgrößen ergänzten. Hierfür wurden über 6 m lange mobile Messmasten sowohl in der Maisfeldmitte als auch auf der Grasfläche (50 m westlich des Maisfeldes) eingesetzt. Zudem fanden über beiden Flächen Messungen der Pollenkonzentration mit einer am ZAMF konstruierten Pollenfalle statt.

3. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die DWD/ZAMF-Pollenfalle war in der Lage, die Maispollenkonzentration in ausreichender Qualität und zeitlicher Auflösung aufzuzeichnen, so dass ergänzende Messwerte parallel zu den eingesetzten Pollenmonitoren (TIEM) zur Verfügung standen.

Die Messungen der Standardabweichung der vertikalen Windkomponente (σw) über dem Maisfeld und der Grasfläche brachten keinen Hinweis auf die Ausbildung einer thermischen Zirkulation. Vielmehr konnte modellseitig die Schließungslücke durch die Einbeziehung multipler, räumlich verteilter Maisfelder (Flächenquellen) geschlossen werden, wobei deren Gesamtbeitrag zur Pollenfreisetzung die Hintergrundkonzentration in der Umgebung des Zielfeldes derart erhöhte, dass im Lee die Pollenanzahl auf ein widerspruchsfreies Niveau anstieg.

Die Turbulenzmessungen über dem Maisfeld zeigen, dass z.B. die Wärmeflussdichte, das Turbulenz- und Energiemaß für den Wärmetransport, als weitere mögliche Erklärung für den Tagesgang der Pollenkonzentration in Be-

tracht zu ziehen ist. Ähnliche tagesperiodische Muster finden sich in der Schubspannungsgeschwindigkeit, das als Turbulenzmaß für den Impulsfluss dient, und natürlich in den klassischen Größen der Windgeschwindigkeit und Temperatur.

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Eintrag von Bt-Mais in die Umwelt

Die Bedeutung der Meteorologie für die Pollenfreisetzung und -ausbreitung

Klaus-Peter Wittich

Deutscher Wetterdienst/ZAMF Braunschweig

Eintrag Bt-Mais, 8.10.2012, Folie 1

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Motivation und Beitrag des DWD

Kann die Tagesdynamik der Pollenkonzentration über einem Maisfeld durch Tagesgänge von **Turbulenzparametern** erklärt werden ?

Beitrag:

- Aktive Beteiligung der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Braunschweig an der Messkampagne 2010, Bereitstellung der Daten für die Arbeitsgruppen
- Zulieferung von meteorologischen Daten der Wetterwarte Angermünde für die Messkampagnen 2009 – 2011
- Zulieferung von Ausbreitungsklassen nach TA Luft für den Antrieb des eingesetzten Partikelmodells LASAT

Eintrag Bt-Mais, 8.10.2012, Folie 2

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

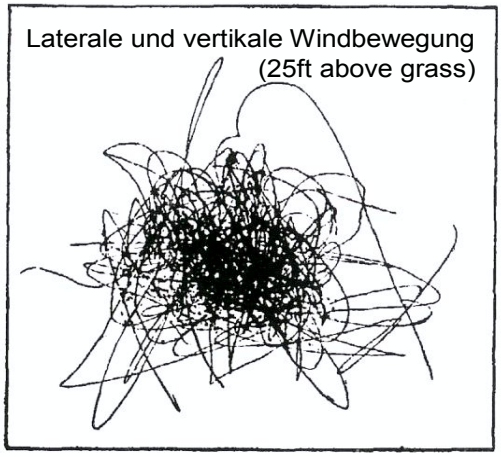
Wodurch zeichnet sich Turbulenz aus ?

Turbulenz …

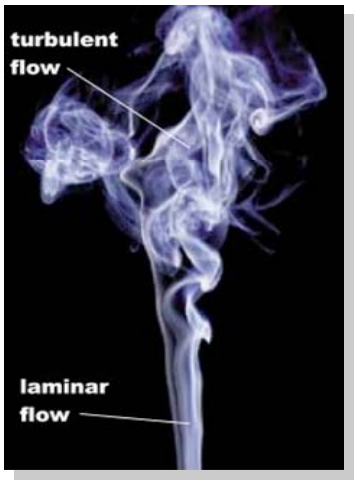
- wird mechanisch oder thermisch induziert
  (z.B. durch mechanische Störung des Windfeldes, Konvektion)
- äußert sich in wirbelartiger, teils ungeordneter und chaotischer Strömungsbewegung
- sorgt für eine intensive Vermischung und Diffusion atmosphärischer Beimengungen
- bildet sich je nach thermischer Schichtung unterschiedlich stark aus (Tagesgang)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Wodurch zeichnet sich Turbulenz aus ?



G.I.Taylor: ‚Turbulence', QJRoyMetSoc, 53 (1927)

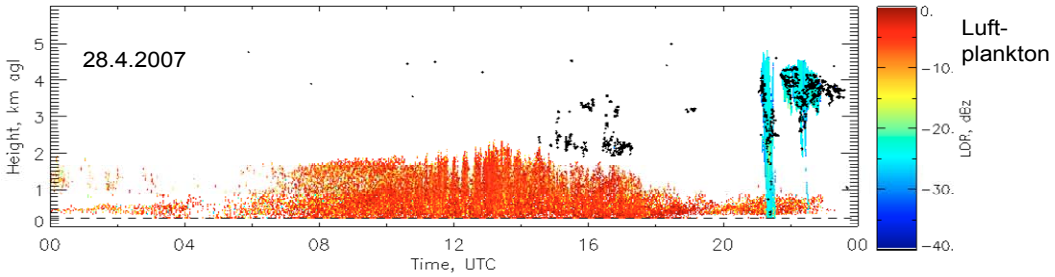


www.engineeringskills.wikidot.com

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Turbulente Mischungsschicht erfährt Anreicherung mit atmosphärischem Plankton

LDR-Signal des Wolkenradars (DWD MetObs Lindenberg)



Quelle: Görsdorf/DWD

LDR = Linear Depolarization Ratio

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Beitrag des DWD: ‚Hintergrund-' und Feldmessung

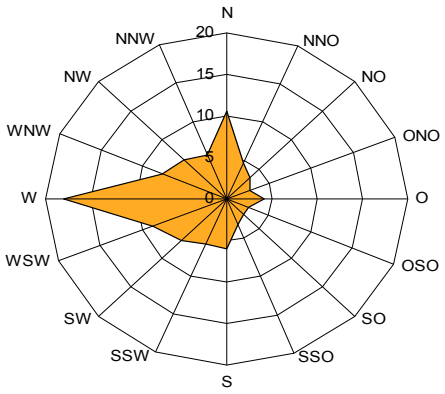
Wetterwarte Angermünde:
lange Messreihen von ‚Hintergrund'daten (Wind, Strahlung, Wolkenbedeckung, …), Ableitung von Ausbreitungsklassen
Verwendung: u.a. Antrieb von LASAT

Feldexperiment:
zeitlich befristete Sondermessungen (Wind, Temperatur, Feuchte sowie Turbulenzparameter)
Ziel: besseres Prozessverständnis

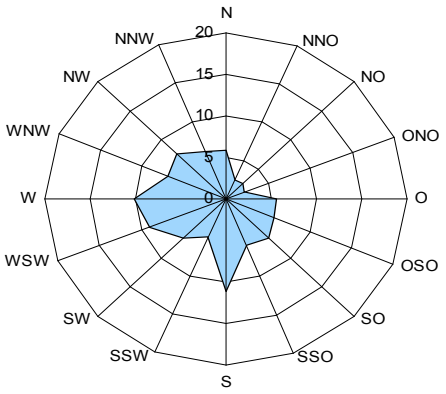
Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Relative Häufigkeitsverteilung stündlicher Windrichtungen bestimmt das ‚experiment design'

(Station Angermünde, Juli-August, 04-20 UTC)



1961-1990



2010

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Daten der Wetterwarte dienen dem Modellantrieb

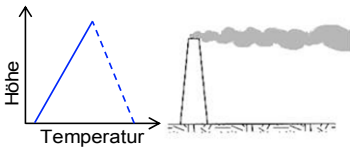
Wetterwarte
Wetterdaten: Windgeschwindigkeit, Wolkenbedeckungsgrad, …

→

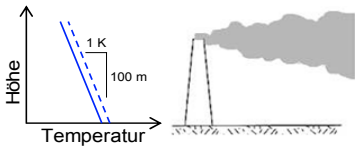
DWD-Offenbach	
Ausbreitungsklassen / Thermische Schichtung	
I	sehr stabil
II	stabil
III_1	indifferent (bis leicht stabil)
III_2	indifferent (bis leicht labil)
IV	labil
V	sehr labil

→

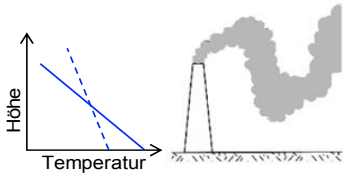
Ausbreitungsmodell
Turbulenzhinweise: Mischungsschichthöhe, Monin-Obukhov-Länge, …



AK I: sehr stabil
(wolkenlose Nacht)



AK III: indifferent
(wolkenbedeckter Tag, Übergangstageszeit)
blau gestrichelt: indifferente Schichtung,
Temperaturgradient: -1K/100m



AK V: sehr labil
(wolkenloser Tag)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

DWD Stationen im Raum Angermünde

Experiment 2010

Bearbeitung:
F. Hofmann
(TIEM)

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Eingesetzte Messtechnik

- **Ultraschall-Anemometer (Messhöhe 6.85 m)**
  (USA-1, Fa. METEK, Elmshorn)

  Erfassung des dreidimensionalen Windvektors (u,v,w),
  der virtuellen Lufttemperatur (T_v) sowie der
  turbulenten Wind- und Temperaturschwankungen,
  Abtastrate: 10 Hz
  Mittelungszeit: 10 min

- **Ultraschall-Anemometer (Messhöhe 5.30 m)**
  (Ultrasonic Anemometer 2D, Fa. Thies, Göttingen)

  Erfassung des horizontalen Windvektors (u,v) und
  der virtuellen Lufttemperatur (T_v)
  Mittelungszeit: 10 min

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Eingesetzte Messtechnik

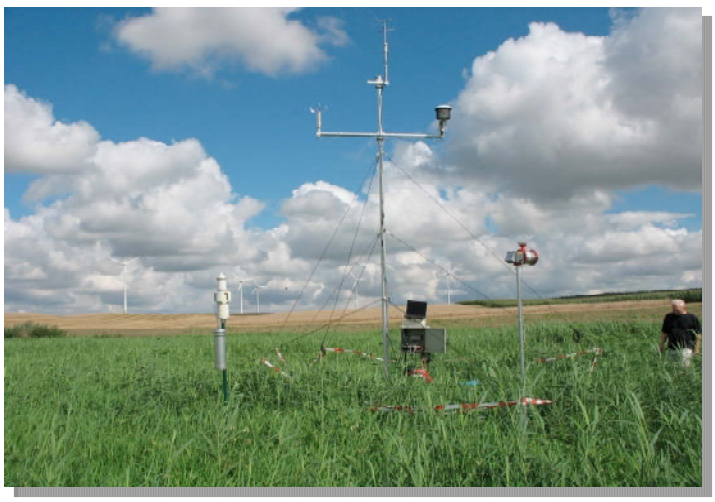
- **Lufttemperatur (PT100) und relative Luftfeuchte (HUMICAP HMP 45) in Strahlungsschutzhütte (LAM630, Messhöhe 5.15 m)**
  (Fa. Vaisala, Finnland , Fa. Eigenbrodt, Königsmoor)
  Mittelungszeit: 10 min

- **Pollenkonzentration**
  Pollensammler (Eigenbau, DWD Braunschweig)
  Durchflussrate: 600 l/h
  Impaktorfläche: 64 mm^2

Eintrag Bt-Mais, 8.10.2012, Folie 11

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

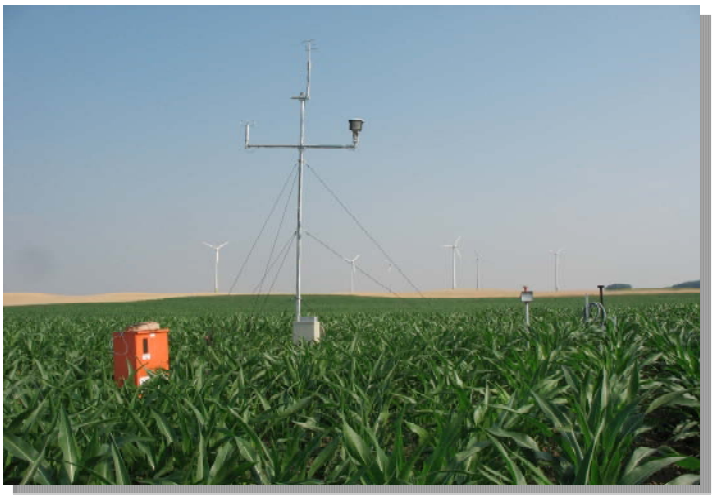
Maststandort ‚Feldrand'



Eintrag Bt-Mais, 8.10.2012, Folie 12

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

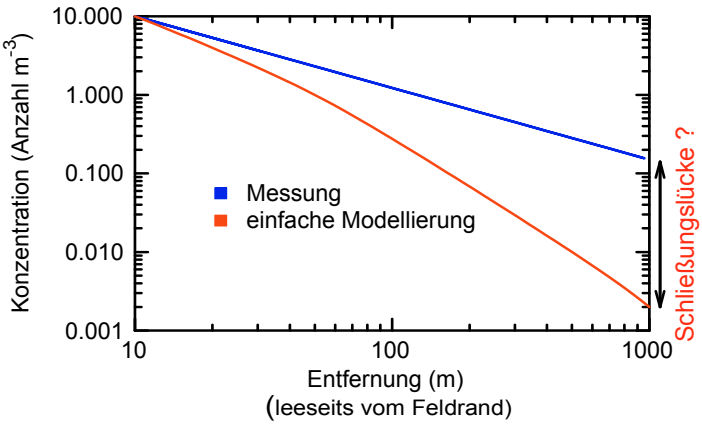
Maststandort ‚Feldmitte'



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

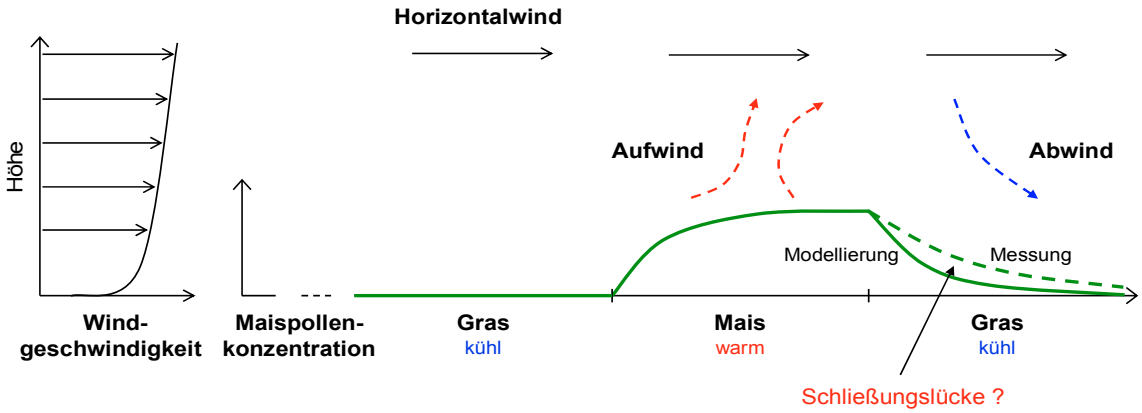
Klärung der Modellierungsfrage:

Ist eine modellseitige Annahme einer pollentragenden thermischen Zirkulation erforderlich ?



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

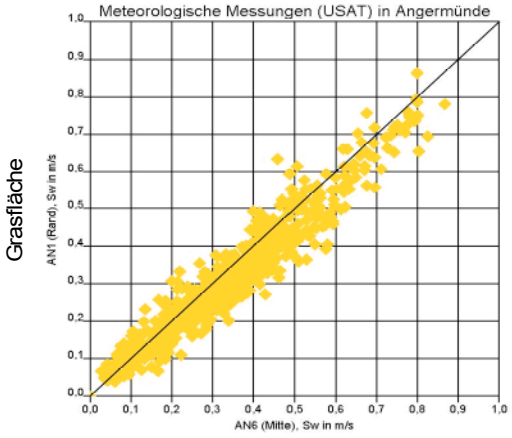
Partikeltransport über thermische Zirkulation ?



Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Turbulenzmessungen lieferten keinen Hinweis auf thermische Zirkulationen

Standardabweichung der vertikalen Windkomponente

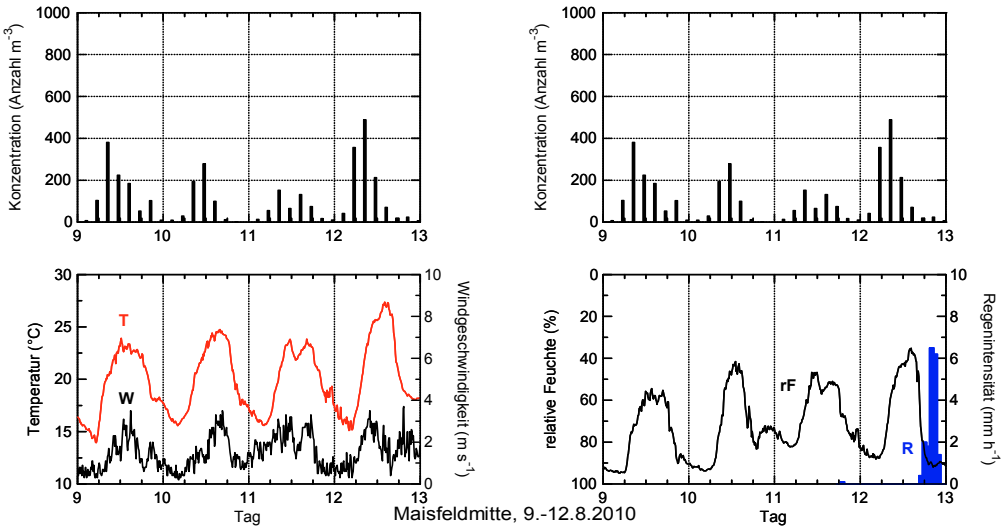


Maisfeld

Abbildung:
U. Janicke

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

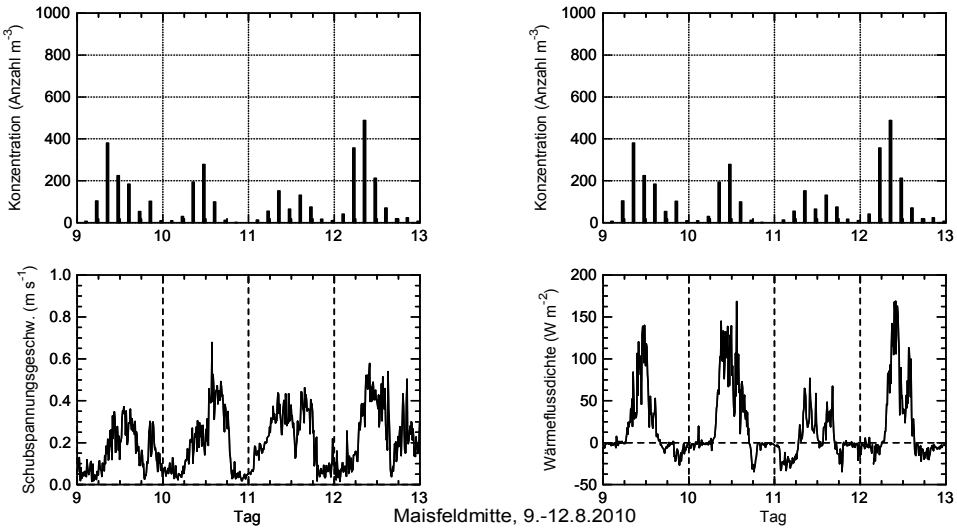
Gibt es ähnliche Zeitmuster zwischen Pollenkonzentration und meteorologischen Zustandsgrößen ?



Maisfeldmitte, 9.-12.8.2010

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

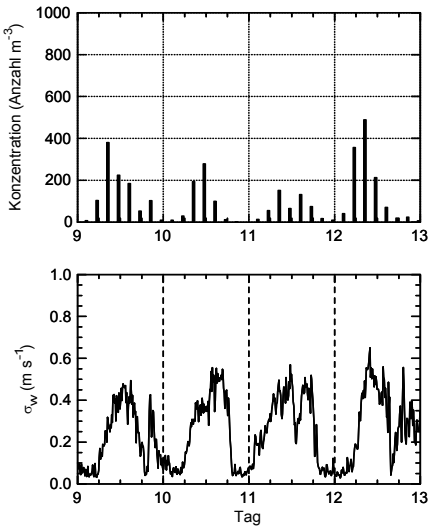
Gibt es ähnliche Zeitmuster zwischen Pollenkonzentration und meteorologischen Turbulenzparametern ?

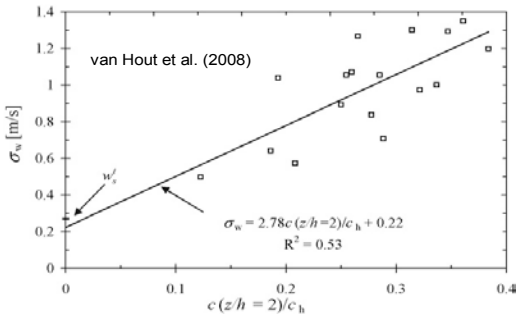


Maisfeldmitte, 9.-12.8.2010

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Gibt es ähnliche Zeitmuster zwischen Pollenkonzentration und meteorologischen Turbulenzparametern ?





c = Pollenkonzentration
σ_w = Standardabweichung der vertikalen Windkomponente w

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Resümee

- Meteorologische Information (**Wind**, **Turbulenz)** ist für den Einsatz von Partikelmodellen notwendig und kann vom DWD (z.B. in Form von Ausbreitungsklassen) bezogen werden.

- Tagesperiodik der Pollenkonzentration wurde bisher meist mit den Tagesgängen der klassischen Parameter **Wind**, **Temperatur**, **etc** in Verbindung gebracht. Die Angermünde-Messungen lieferten Hinweise, dass **Turbulenzparameter** zur Erklärung ebenfalls herangezogen werden sollten (siehe auch Ergebnisse internationaler Arbeitsgruppen).

Danke für Ihre Aufmerksamkeit !

Validierung der Ausbreitungsmodellierung – Erfassung des Maispollenfluges –

Frieder Hofmann[1,2], Ulrich Schlechtriemen[1], Ulrike Kuhn[1,3], Wolfgang Koch[4], Klaus-Peter Wittich[5], Reinhard Wachter[6]

[1] TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Nörten-Hardenberg/Bremen
[2] Ökologiebüro, Bremen
[3] Büro Kuhn, Bremen
[4] Institut für Aerosolforschung, Fraunhofer ITEM, Hannover
[5] Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung, DWD, Braunschweig
[6] Pollenflug Nord, Ganderkesee Einleitung

Für die Validierung der Ausbreitungsrechnung sind Freilandmessungen zu Meteorologie, zum zeitlichen Verlauf von Maispollen-Emission und -Immission und zur räumlichen Verteilung der Maispollen-Immission erforderlich. Den Ergebnissen zur Meteorologie im vorangegangenen Kapitel folgt nun die Präsentation der Ergebnisse zu den Freilandmessungen des Maispollen-Fluges.

Messaufgaben und Vorgehensweise

Die Messaufgabe 1 bestand in der Erfassung des zeitlichen Verlaufs von Maispollen-Emission und Immission, da für die Ausbreitungsmodellierung genaue Daten über den zeitlichen Verlauf der Maispollen-Emission als Eingangsdaten (Quellstärke) sowie zur Immission für die Validierung benötigt werden.

Eine Maispflanze blüht im Mittel über ca. 7 – 14 Tage. Nach phänologischen Beobachtungen variiert der Blühbeginn von Mais in Deutschland in den Sommermonaten von Ende Juni bis Anfang August, abhängig von Region, Aussaattermin, Sorte und Witterungsverlauf (Lang et al. 2005). Aus phänologischen Beobachtungen lassen sich jedoch keine sicheren Angaben über Verlauf und Intensität der Maispollenschütte gewinnen, hierzu sind Messungen der Pollenkonzentration in der Luft im Bestand in Fahnenhöhe erforderlich (Fonseca et al. 2003). Allerdings besteht ein Mangel an hinreichend quantitativen Daten, da die Erfassung der Maispollen-Konzentration im Bestand bzw. allgemein in Quellnähe aus messtechnischen Gründen mit Schwierigkeiten verbunden ist (Viner et al. 2010). Hilfsweise wurden in den Ausbreitungsmodellierungen üblicherweise mittelnde Annahmen gemacht, die jedoch zu Diskrepanzen führen können.

In Folie 4 wird die Messtechnik mit dem Problem der Erfassung von Maispollen in Quellnähe erläutert: Die Pollen- und Sporen-Konzentration in der Luft wird in den Pollenflug-Messnetzen in Deutschland und Europa für allergologische Zwecke seit mehreren Jahrzehnten mit der Hirst Sporen- & Pollenfalle (Hirst 1952, The British Aerobiology Foundation 1995) erfasst.[1] Die Pollenfalle ist ein Low-Volume Aktivgerät. Mit 10 l/min wird die Luft mit den darin enthaltenen Pollen über eine Einlassdüse (2 mm x 14 mm) eingesaugt, die über die Windfahne in den Wind ausgerichtet wird. Die Abscheidung erfolgt innen auf einem klebrigen Fangstreifen, der auf einer sich drehenden Trommel angebracht ist. Die Pollen werden ausgezählt und daraus wird die Maispollen-Konzentration in der Luft [n/m³] ermittelt. Das Verfahren erlaubt jedoch keine sichere Erfassung der Maispollen-Konzentration im Maisbestand und allgemein unter turbulenten Bedingungen wie in Quellnähe aus folgenden Gründen:

- Die Maispflanzen behindern die Fahne bei der Ausrichtung in den Wind.
- Der Fallentyp ist anfällig gegenüber turbulenten Windverhältnissen, wenn Einlassrichtung und Windrichtung voneinander abweichen (HINDS 1999). Dies gilt besonders für die relativ großen und schweren Maispollen.

Aus diesen Gründen wurde in dem Vorhaben für diese Messaufgabe ein neues Messgerät, der Pollenmonitor PMO, eingesetzt (Folie 5).

1 http://www.transgen.de/anbau/eu_international/187.doku.html

Der PMO wurde von TIEM-technic in Kooperation mit dem Fraunhofer ITEM, Institut für Aerosolforschung (W. Koch), Hannover, für ein österreichisches F&E-Vorhaben (S. Schüler) speziell für Messungen der Pollenkonzentration in der Luft auch in Quellnähe und unter turbulenten Bedingungen entwickelt. Das Gerät ist ein High-Volume-Aktivgerät mit 1.000 l/min und Rundum Einlass (omni-direktional). Über einen By-Pass werden 10 l/min zur Impaktionseinheit geleitet, die nach dem Hirst-Prinzip arbeitet (Sporewatch, Burkard Scientific Ltd.). Das Einlasssystem wurde physikalisch berechnet und über systematische Messreihen validiert. Das Gerät erlaubt über diese Auslegung eine kontinuierliche Erfassung der Pollenkonzentration im Bestand in Fahnenhöhe. Hierbei wird die Einlasshöhe täglich dem Bestandswuchs, also der Fahnenhöhe nachgeführt.

Ergänzend wurde die DWD-Pollenfalle verwendet. Die Falle ist eine Eigenentwicklung des DWD: Sie ist ein Aktivgerät ebenfalls mit Rundum-Einlass und Impaktion analog der Hirst-Falle das zur Erfassung von Maispollen im Nahbereich ausgelegt ist. Die Falle arbeitet allerdings mit einem Volumenstrom von 10 l/min (Low-Volume).

In den Jahren 2009 und 2010 wurden die Gerätetypen aufeinander kalibriert. Im Jahr 2010 wurden insgesamt 5 Pollenmonitore an 4 Standorten innerhalb (Parallelmessungen PMO und DWD-Falle) und außerhalb des zentralen Maisversuchsfeldes in 10 m, 50 m und 180 m Entfernung positioniert. In 2011 wurden 4 Pollenmonitore eingesetzt: Jeweils ein PMO in drei Maisfeldern mit unterschiedlichem Blühbeginn sowie ein Gerät in einem 180 m breiten, zwischen zwei der Felder liegenden Sojafeld. Ermittelt wurden über den gesamten Blühzeitraum jeweils 3h-Werte für alle Fallen, für die PMO-Fallen wurden auch Stundenwerte erfasst.

Die Messaufgabe 2 bestand in der Erfassung der räumlichen Verteilung der Maispollen-Immission. Hierzu wurde das nach VDI 4330 Blatt 3 standardisierte Verfahren der technischen Pollensammlung mit dem Passivsammler PMF eingesetzt (VDI 2007). Aus vorangegangenen repräsentativen Erhebungen mit dem standardisierten Verfahren des PMF über die Jahre 2001-2006 war der Gradient der Maispollendeposition in Abstand zum nächsten Maisfeldrand unter regulären Anbaubedingungen mit Vertrauensintervallen bereits bekannt (Hofmann 2007). Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für die in Brandenburg getroffene Abstandsregelung im Jahre 2008 (Ober et al. 2008, Hofmann et al. 2008, 2009, 2010). Die Ziele der Freilandmessungen mit dem PMF waren folgende:

- Effiziente Prüfung der Ausbreitungsrechnung über standardisierte Erhebungen der räumlichen Verteilung der Pollenimmission
- Überprüfung des Gradienten als Bewertungsgrundlage für die Abstandsregelung

Der Umfang der Erhebungen ist folgendermaßen: Im Jahr 2009 wurden 18 PMF zur räumlichen Verteilung der Pollenimmission und der zeitliche Verlauf an einem Referenzstandort erfasst. In 2010 wurden 23 Standorte mit PMF ausgestattet und 5 Pollenmonitore + Referenz eingesetzt, in 2011 22 PMF und 4 PMO + Referenz.

Die Ausbreitungsrechnungen erfolgten in einem 30 km x 30 km Gebiet zur Berücksichtigung von Überlagerungseffekten (Folie 8). In den Jahren 2010 und 2011 wurden dann die Emissionsmessungen in einzelnen zentralen Versuchsfeldern vorgenommen. Zur Überprüfung der Vorhersagen des Modells wurden Immissionsmessungen mit dem PMF innerhalb und außerhalb der Maisfelder in einem 10 km x 10 km Umfeld um die zentralen Versuchsfelder durchgeführt. In 2011 erfolgten zudem systematische phänologische Erhebungen an den Maisbeständen mit dem

Ziel einer Zuordnung und Berücksichtigung von früh- und spätblühenden Feldern.

Die Ergebnisse zur räumlichen Verteilung der Maispollenimmission aus den Messungen der Jahre 2009 bis 2011 gehen aus Folie 15 hervor. Dargestellt ist der Regressionszusammenhang von Maispollendeposition in Relation zum Abstand vom nächstgelegenen Maisfeld mit Vertrauensbereich, wie er sich aus den repräsentativen Erhebungen der Jahre 2001-2006 ergab. Zudem verzeichnet sind die Ergebnisse aus weiteren Erhebungen der Jahre 2007 bis 2011, die diesen Zusammenhang bestärkten. In die Grafik wurden die Ergebnisse aus dieser Untersuchung für alle drei Versuchsjahre 2009 bis 2011 aufgenommen und zur Unterscheidung farblich markiert. Deutlich ist zu erkennen, dass sich die Ergebnisse aus den Erhebungen in Angermünde in den überregional ermittelten, repräsentativen Regressionszusammenhang einfügen.

Als Hauptergebnis 1 folgt daraus die Bestätigung des Gradienten der Maispollendeposition mit der daraus abgeleiteten Abstandsfunktion.

Die Ergebnisse zum zeitlichen Verlauf der Maispollen-Konzentration sind in Folie 16 dargestellt: Links auf der senkrechten Achse die mittleren Tageswerte der Maispollenkonzentration im logarithmischen Maßstab, unten auf der waagerechten Achse die Tage. Die Messperiode umfasste jeweils den Blühzeitraum von Mais in der Region. Beide Pollenmonitore im Feld zeigen übereinstimmenden Verlauf, die Maispollenschütte setzte relativ spät in dem Versuchsfeld am 3./4.8. ein und die Hauptblüte verlief relativ kompakt bis zum 23. 8. über 19 Tage gehend um anschließend in die Nachblüte auszuklingen. Die Pollenmonitore außerhalb spiegeln diesen auf entsprechend niedrigerem Niveau und relativer Position zum Felde (Windrichtungseinfluss) wider. Die vor dem 3.8. gemessenen Werte zeigen den Einfluss weiter entfernter Umlandfelder, die früher zu blühen begannen, an.

Auf Folie 17 finden sich die entsprechenden Ergebnisse zur Maispollen-Konzentration im Jahr 2011. Die Maisblüte in den beiden spät-blühenden Feldern A und B verlief ähnlich wie im Vorjahr, relativ kompakt und hier über etwas mehr als zwei Wochen. Die Blüte in dem frühblühenden Maisfeld C hingegen zeigt einen gänzlich anderen Verlauf. Die Pollenschüttung setzte hier am 14. Juli ein und erstreckte sich über mehr als 3 Wochen, wobei mehrere Unterbrechungen auf Grund ungünstiger Witterung zu beobachten waren.

Der detaillierte Verlauf über die mittleren 3h-Werte der Maispollenkonzentration geht aus Folie 18 hervor. Zu erkennen ist der strikte diurnale Rhythmus, mit Freisetzung über Tage und Rückgang in der Nacht.

In der folgenden Folie 19 ist der mittlere Tagesgang abgebildet. Daraus ist ersichtlich, dass die Pollenfreisetzung morgens nach Sonnenaufgang einsetzt und ihren Höhepunkt vormittags bis mittags erreicht, am Nachmittag bis Abend klingt sie dann wieder ab. Die rechte Grafik weist die Höhe der Pollenkonzentration mit Stundenmittelwerten über 1.800 n/m³ gehend aus, die zur Hochblüte erreicht werden. Die nachfolgende Folie 20 zeigt die Unterbrechung der Pollenfreisetzung durch ungünstige Witterung, hier einem Gewitterregen, an. Zu erkennen ist, dass eine Wiederaufnahme der Pollenfreisetzung noch am selben Tage nach Wetterbesserung (sonnig, trockene Winde) erfolgte. Die Anthere öffnet sich bei Erwärmung und Trocknung und die Pollen werden durch Windstöße dann in die Luft entlassen, wie durch die Abbildung von Aylor et al. (2003) in Folie 21 veranschaulicht wird.

Auf Folie 22 ist die Messstelle in Ganderkesee, Niedersachsen, zu erkennen, an der in Kooperation mit R. Wachter, der die Messstelle betreibt, langjährige Referenzmessungen durchgeführt werden.

In Folie 23 sind die Ergebnisse der Tagesmittelwerte der Maispollenkonzentration aus 17 Messjahren (1994 – 2010) im Überblick dargestellt. Die waagerechte Achse kennzeichnet die Jahrestage, jeweils vom 10.7. bis 18.9. gehend. Auf der senkrechten Achse ist der jeweilige Tageswert in Prozent der Jahressumme aufgetragen. Aus der Darstellung ist der Verlauf der Pollenschütte in ihrer Intensität über die Jahre auf vergleichbare Weise ersichtlich. Die gelben Balken geben die Tagesmittelwerte des jeweiligen Jahres an, die blaue Fläche weist den mittleren Verlauf über die 17 Jahre aus. Deutlich ist die hohe Variabilität von Tag zu Tag und Jahr zu Jahr bezüglich Zeitdauer und Intensität zu erkennen.

In Folie 24 werden die Zeitreihen als kumulierte prozentuale Konzentration dargestellt. Die Variation des Blühbeginns in der Region lässt sich in den Messwerten vom 11.7. bis 5.8. erkennen, ebenso wie sich die Maisblüte deutlich in den August hinein erstreckt.

Literatur:

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

FONSECA, A.E.; WESTGATE, M.E.; GRASS, L.; DORNBOS, D.L. (2003): Tassel Morphology as an Indicator of Potential Pollen Production in Maize. Online. Crop Management doi: 10.1094/CM-2003-0804-01-RS 20.4.2008

HINDS, W. (1999): Aerosol Technology. John Wiley & Sons.

HOFMANN F. (2007) Kurzgutachten zur Abschätzung der Maispollendeposition in Relation zur Entfernung von Maispollenquellen mittels technischem Pollensammler PMF. BfN, Bonn. www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/agrogentechnik/07-05-31_Gutachten_Pollendeposition_end.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 [Link] (last access 15.10.2011)

HOFMANN, F.; SCHLECHTRIEMEN, U.; KUHN, U.; VON DER OHE, W.;VON DER OHE, K.; KRUSE, L.; EPP, R.; MÜLLER, E.; KALCHSCHMID, A.; WACHTER, R.; VÖGEL, R. (2009b): Durchführung eines Pollenmonitorings an Kulturmais in FFH-Lebensräume - Projektbericht 2008 -. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 110, Potsdam: [Link] (last access 15.10.2011)

HOFMANN, F.; EPP, R.; KALCHSCHMID, A.; KRATZ, W.; 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 (2010): Monitoring of *Bt*-maize pollen exposure in the vicinity of the nature reserve Ruhlsdorfer Bruch in northeast Germany 2007 to 2008. Umweltwiss. SchadstForsch 22 (3): 229–251 http://www.springerlink.

com/content/c2012622208376x1/ (last access 15.10.2011)

LANG, A., BECK, R., BAUCHENSS, J., POMMER, G., ARNDT, M. (2005): Monitoring der Umweltwirkungen des *Bt*-Gens. Projektbericht StMUGV Bayern. Schriftenreihe Bd. 7/2005 der LfL, Freising-Weihenstephan.

OBER S, HOFMANN F, SCHLECHTRIEMEN U, KUHN U, WEDL N, V.D.OHE W, V.D.OHE K, RADTKE J, MÜLLER A, KALCHSCHMID A, KRUSE L, EPP R (2008): Durchführung eines Pollenmonitorings von Mais im Naturschutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch 2007. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 109, Potsdam [Link LUA] [Link NABU] (last access 15.10.2011)

THE BRITISH AEROBIOLOGY FOUNDATION 1995: The pollen count guide. National Pollen and Hayfever Bureau, Rotherham UK.

VDI 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

VINER, B.J., M.E. WESTGATE AND R.W. ARRITT, 2010: A model to predict diurnal pollen shed in maize. Crop Science 50, 235-245

TIEM
Integrierte Umweltüberwachung GbR

ÖKOLOGIE BÜRO

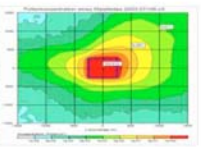
Bund-Länder-F+E-Vorhaben (UFOPLAN FKZ 3509 89 0300)
2009-2012

Validierung der Ausbreitungsmodellierung

- Erfassung des Maispollenfluges -

Frieder Hofmann

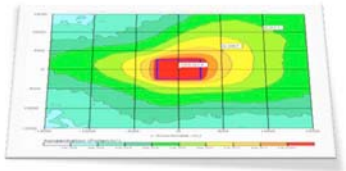
Unter Mitwirkung von:
Ulrich Schlechtriemen, *TIEM*
Ulrike Kuhn, Büro Kuhn / *TIEM*
Wolfgang Koch, Fraunhofer ITEM
Klaus-Peter Wittich, ZAMF DWD
Reinhard Wachter, Pollenflug



Freilandmessungen für die Validierung der Ausbreitungsmodellierung

- Meteorologie
- Zeitlicher Verlauf von Maispollen-Emission und -Immission
- Räumliche Verteilung der Maispollen-Immission

Meteorologie mit 3D-Ultraschall-Anemometer



Räumliche Verteilung der Pollenimmission über Passivsammler PMF/Sigma-2

Zeitlicher Verlauf von Pollenemission und -immission über volumetrische Pollenfallen - Pollenmonitor PMO -

Folie 2

Messaufgabe 1: Zeitlicher Verlauf von Maispollen-Emission und -Immission

Eine Maispflanze blüht im Mittel über ca. 7-14 Tage

Phänologische Beobachtungen:

Blühbeginn in den Sommermonaten von Ende Juni bis Anfang August, abhängig von Region, Aussaattermin, Sorte und Witterungsbedingungen.

Keine genaue Angaben über Verlauf und Intensität der Maispollenschütte möglich.

Für die Ausbreitungsmodellierung werden jedoch genaue Daten über den zeitlichen Verlauf der Maispollen-Emission als Eingangsdaten (Quellstärke) benötigt.

Aus messtechnischen Gründen Mangel an hinreichend quantitativen Daten. Hilfsweise wurden in den Ausbreitungsmodellierungen mittelnde Annahmen gemacht, die zu Diskrepanzen führen können.

→ Messaufgabe: Erfassung des zeitlichen Verlaufs der Maispollenemission.

Folie 3

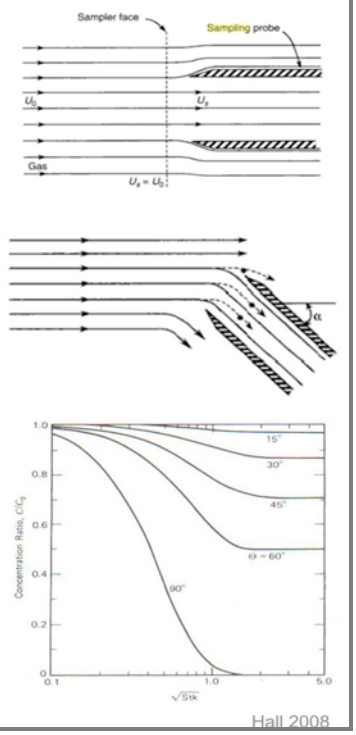
Messtechnik: Problem – Erfassung der Maispollenemission in Quellnähe

Standard-Pollenfalle:
Hirst Sporen- & Pollenfalle (Burkard, Lanzoni)

Erfolgreiche Anwendung in Pollenflug-Messnetzen in Deutschland, Europa und international für allergologische Zwecke seit über 60 Jahren.

Low-Volume Aktivgerät 10 l/min; Pollen werden über eine Einlassdüse (2 mm x 14 mm) eingesaugt, die über die Windfahne in den Wind ausgerichtet wird. Die Abscheidung erfolgt innen auf einem klebrigen Fangstreifen, der auf einer sich drehenden Trommel angebracht ist. Ermittelt wird die Maispollen-Konzentration in der Luft [n/m³].

Nachteile für Messaufgabe hier:
- Die Maispflanzen behindern die Fahne bei der Ausrichtung in den Wind.
- Anfälligkeit gegenüber turbulenten Windverhältnissen, besonders für die relativ großen und schweren Maispollen.



→Das Gerät eignet sich nicht für die Erfassung der Maispollenkonzentration in Quellnähe.

Hall 2008

Pollenmonitor PMO

Neues Messgerät entwickelt von *TIEM*-technic in Kooperation mit Fraunhofer ITEM Institut für Aerosolforschung (W. Koch) für ein österreichisches F&E-Vorhaben (S. Schüler) für Messung der Pollenkonzentration in Quellnähe und unter turbulenten Bedingungen :

- High-Volume-Aktivgerät mit 1.000 l/min
- Omni-direktionaler Einlass
- By-pass 10 l/min für Impaktionseinheit analog Hirst-Falle (Sporewatch, Burkard Scientific Ltd.)
- Einlassystem physikalisch berechnet und validiert über systematische Messreihen.

Vorteil:
Gerät kann zur kontinuierlichen Erfassung der Pollenkonzentration im Bestand in Fahnenhöhe eingesetzt werden.
Die Einlasshöhe wird hierbei nachgeführt.

Folie 5

DWD-Pollenfalle

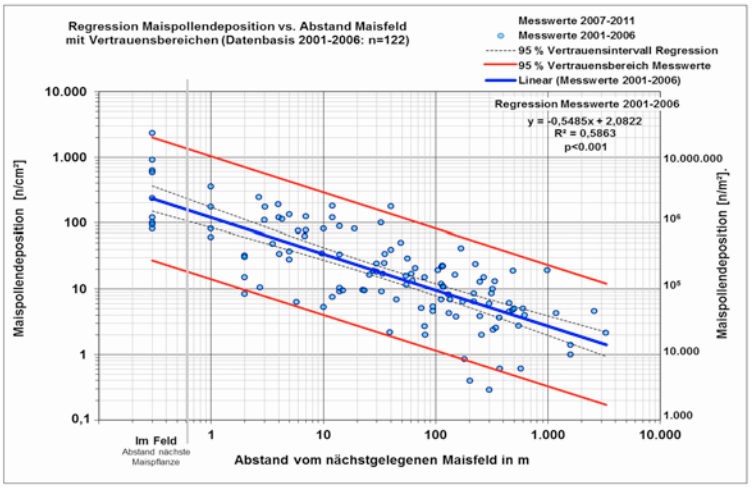
Pollenfalle des DWD.
Aktivgerät mit Rundum-Einlass und Impaktion analog der Hirst-Falle (Burkard, Lanzoni), ebenfalls für die Erfassung von Maispollen im Nahbereich ausgelegt. Der von einem Lüfter erzeugte Volumenstrom beträgt 10 l/min

Folie 6

Messaufgabe 2: Erfassung der räumlichen Verteilung der Maispollen-Immission
über den nach VDI 4330-3 standardisierten Passivsammler PMF

Pollenmassenfilter PMF

Aus repräsentativen Erhebungen mit dem standardisierte Verfahren des PMF über die Jahre 2001-2006 war der Gradient der Maispollendeposition in Abstand zum nächsten Maisfeldrand unter regulären Anbaubedingungen bekannt.
Die Ergebnisse bildeten die Grundlage für die in BBG getroffene Abstandsregelung.



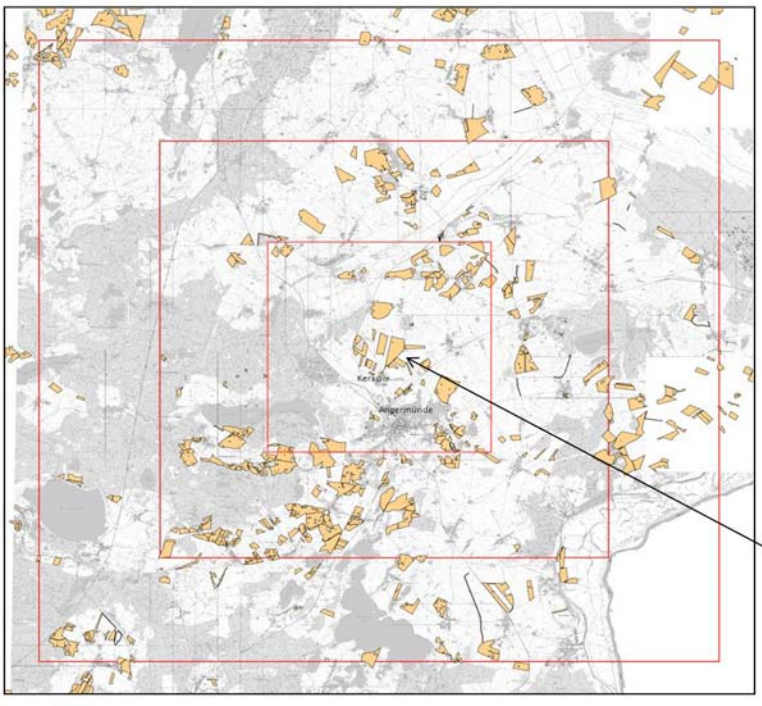
Quelle: Hofmann 2007, Hofmann et al. 2009

Ziele der Freilandmessungen mit dem PMF

1. Effiziente Prüfung der Ausbreitungsrechnung über standardisierte Erhebungen.
2. Überprüfung des Gradienten als Bewertungsgrundlage für die Abstandsregelung.

Folie 7

Untersuchungsraum



- Ausbreitungsrechnung: 30 km x 30 km Gebiet zur Berücksichtigung von Überlagerungseffekten
- Emissionsmessungen in einzelnen zentralen Versuchsfeldern
- Immissionsmessungen im 10 km x 10 km Umfeld der zentralen Versuchsfelder

Maisanbau 2011
Rahmen:
30 km x 30 km
20 km x 20 km
10 km x 10 km

Versuchsfelder

Grafik: B. Boessenkool
Daten: J. Peil, LUGV

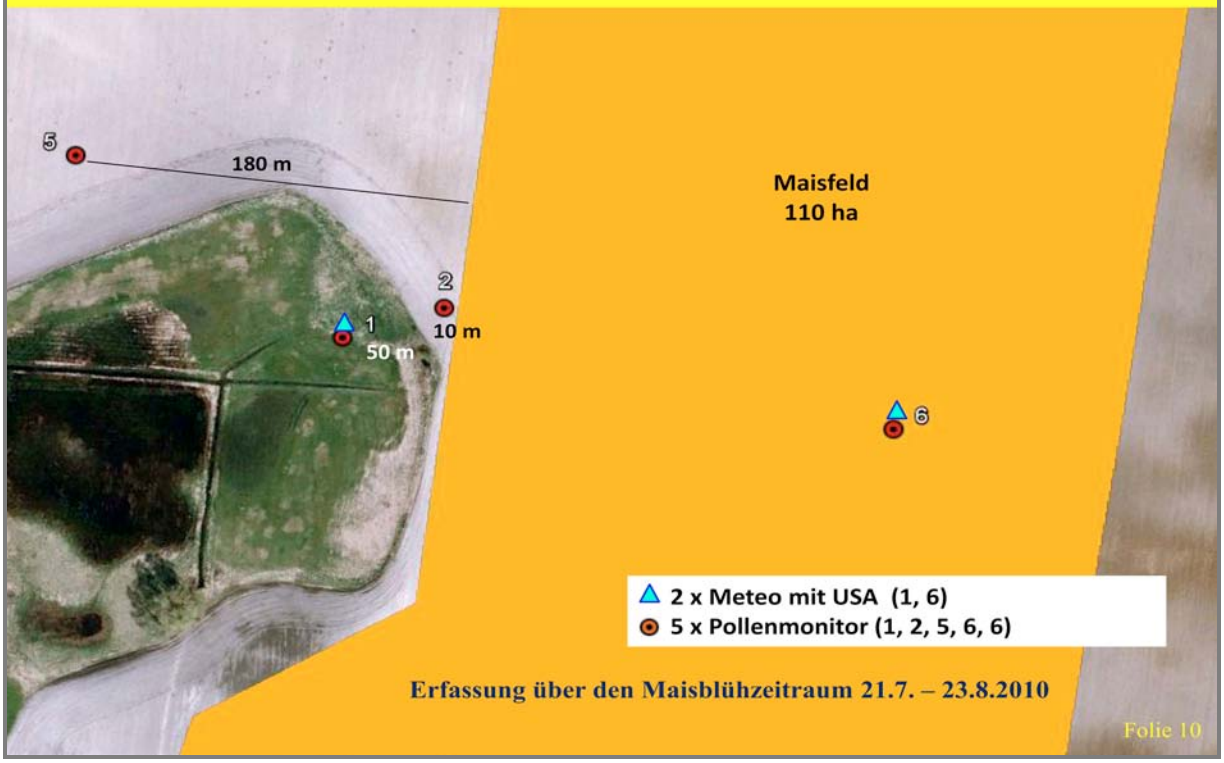
Folie 8

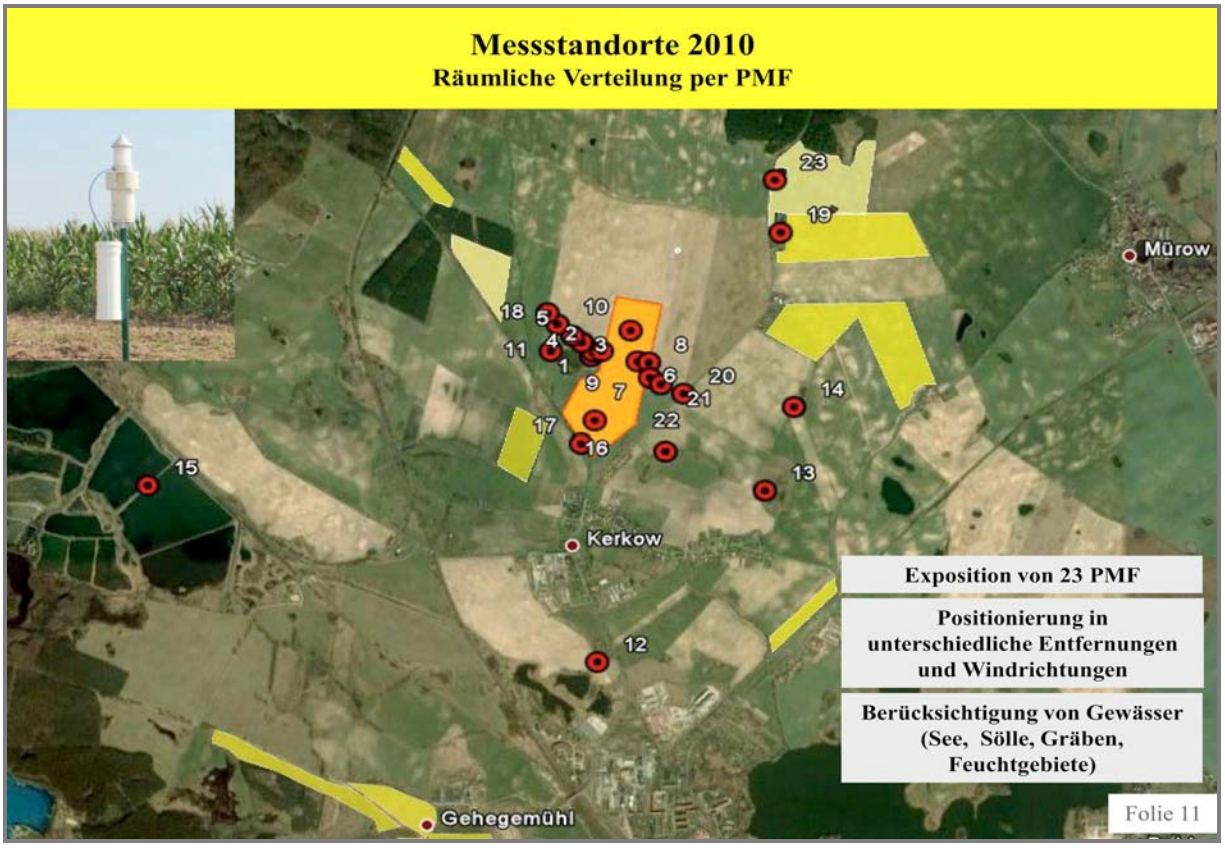
Messstandorte der drei Phasen 2009-2011

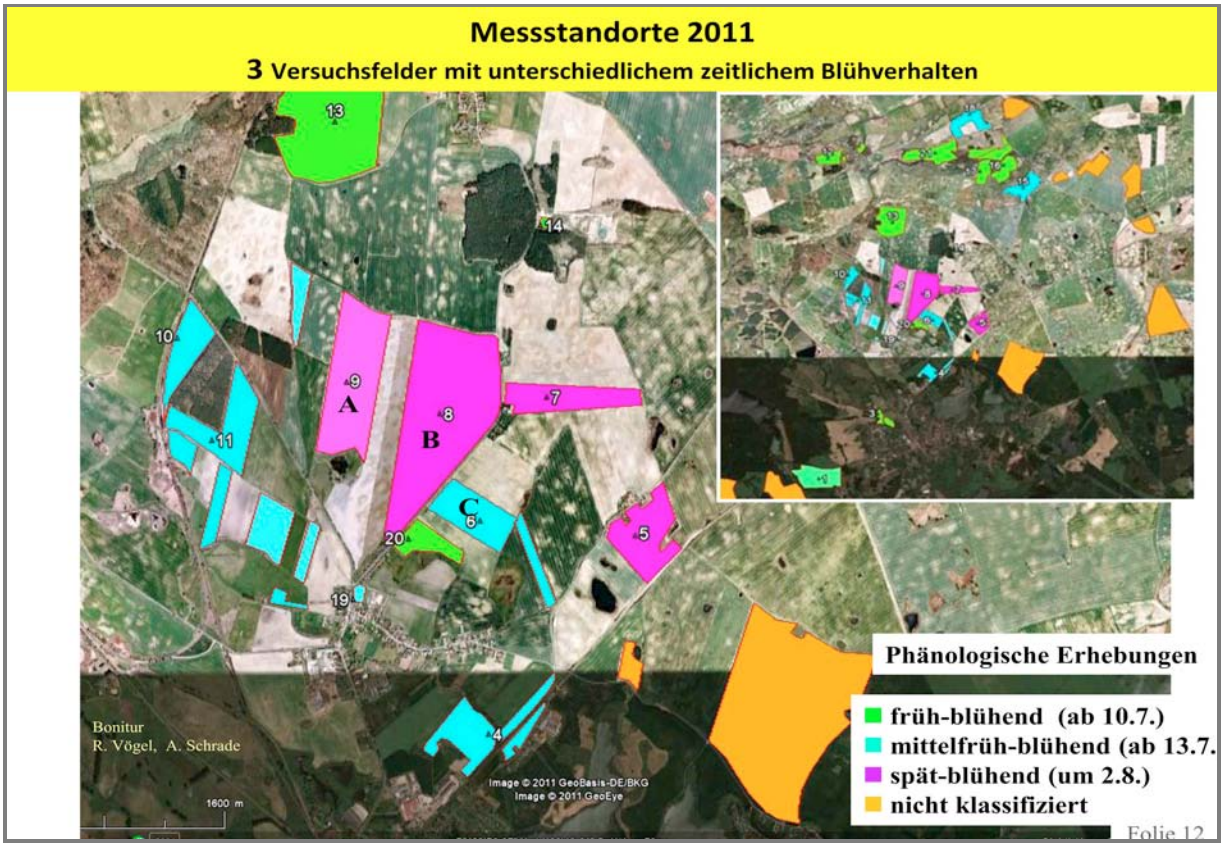
Mess-Standorte	Räumliche Verteilung Pollen-Immission (PMF)	Zeitlicher Verlauf Pollenemission und –immission (Pollenmonitore)
2009	18	Referenz
2010	23	5 + R
2011	22	4 + R
Gesamt	63	9 + Ref

Folie 9

Messstandorte in 2010

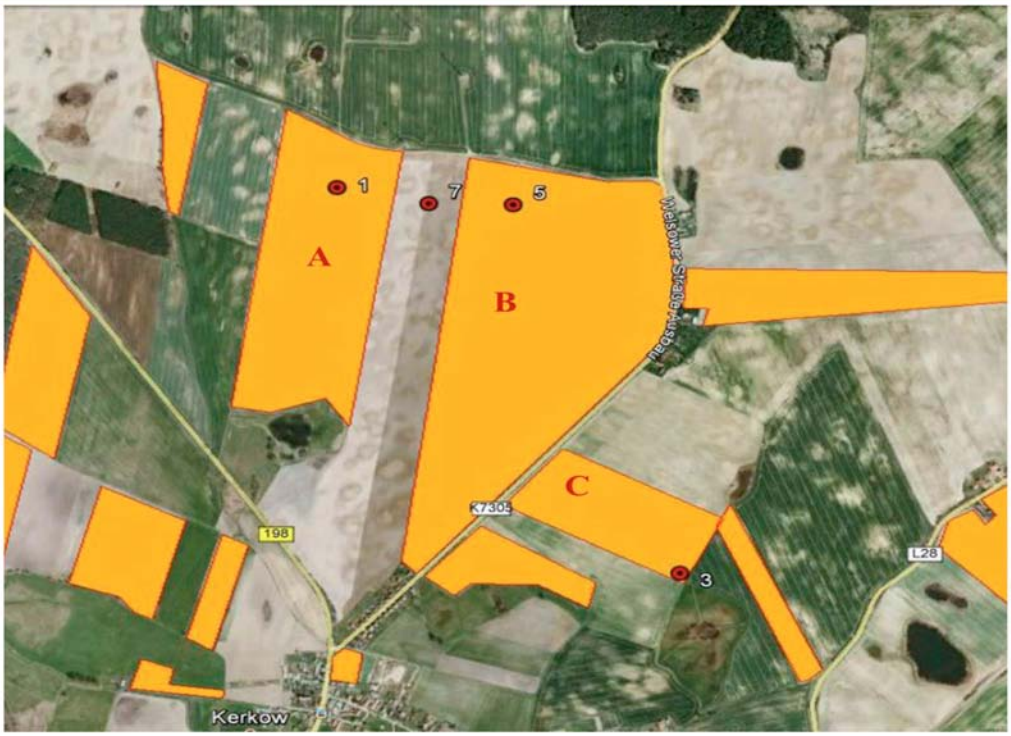



Messstandorte 2010
Räumliche Verteilung per PMF
Mürow
Kerkow
Gehegemühl
Exposition von 23 PMF
Positionierung in unterschiedliche Entfernungen und Windrichtungen
Berücksichtigung von Gewässer (See, Sölle, Gräben, Feuchtgebiete)
Folie 11


Messstandorte 2011
3 Versuchsfelder mit unterschiedlichem zeitlichem Blühverhalten
A
B
C
Phänologische Erhebungen
früh-blühend (ab 10.7.)
mittelfrüh-blühend (ab 13.7.
spät-blühend (um 2.8.)
nicht klassifiziert
Bonitur
R. Vögel, A. Schrade
Folie 12

Messstandorte 2011

Kontinuierliche Messung der Maispollenkonzentration über Pollenmonitore

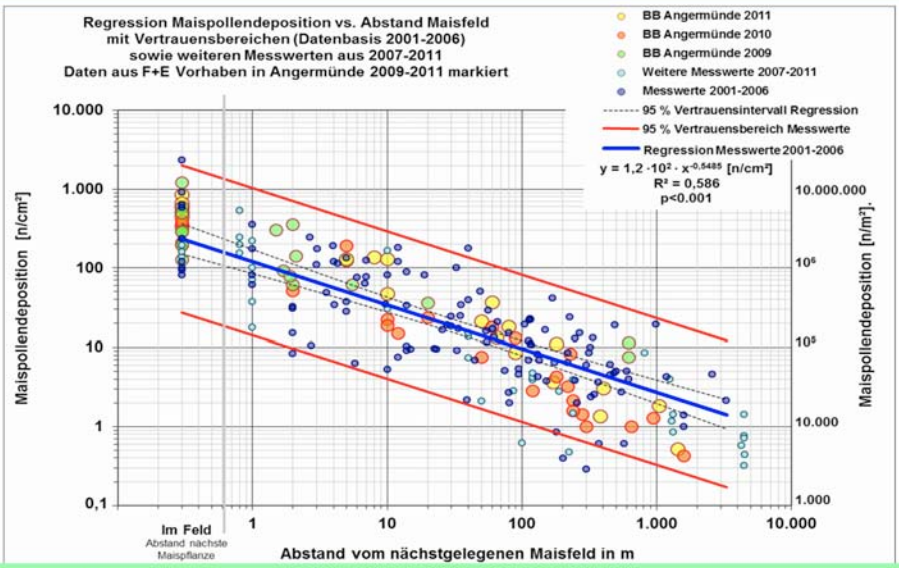


Folie 13

Messstandorte 2011

Folie 14

Ergebnis 1:
Räumliche Verteilung der Maispollen-Immission 2009-2011

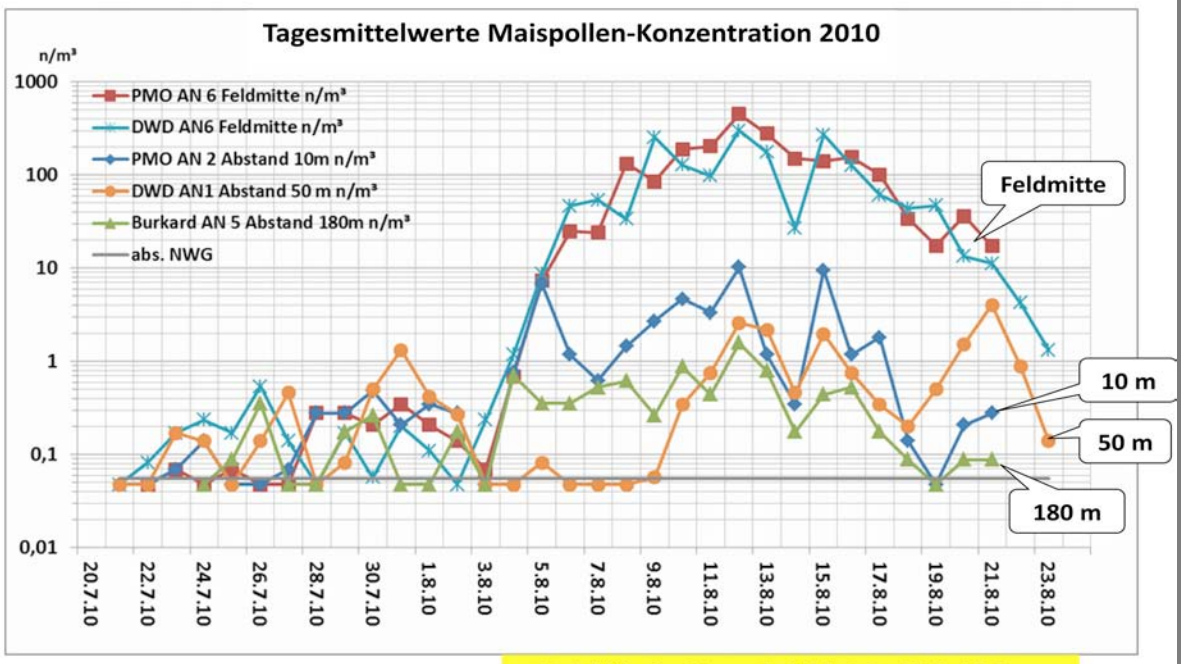


Pollenimmissions-Daten aus dem Raum Angermünde fügen sich in den überregional ermittelten Regressions-Zusammenhang ein

Hauptergebnis 1:
Bestätigung des Gradienten der Maispollendeposition mit der daraus abgeleiteten Abstandsfunktion.

Folie 15

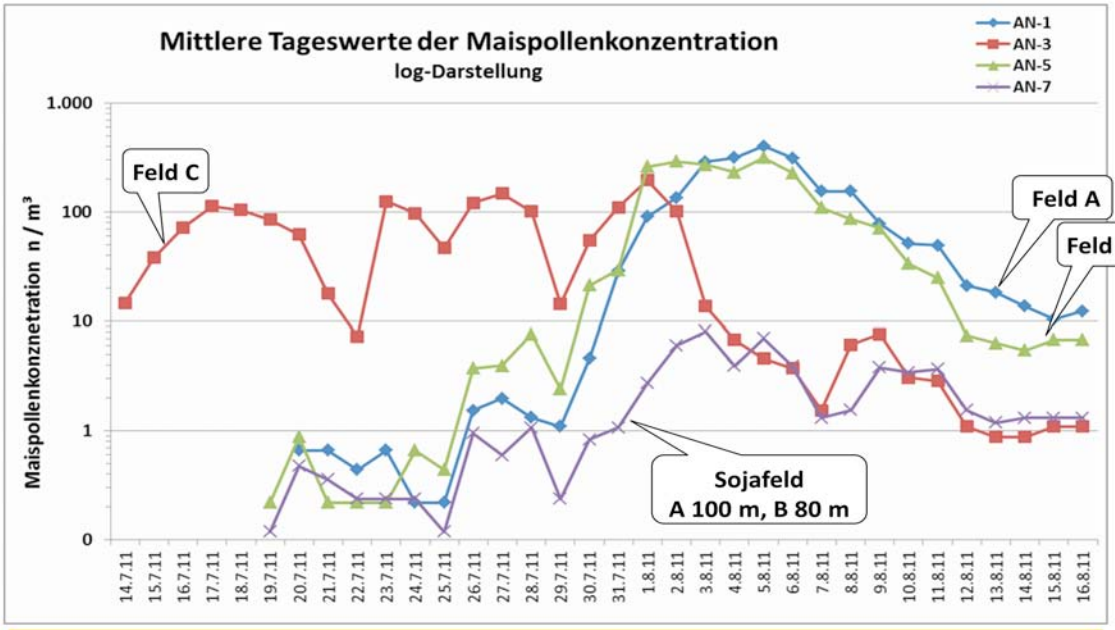
Ergebnis 2:
Zeitlicher Verlauf der Maispollenschütte und Immission



Maisblüte im Versuchsfeld: 4.8.–23.8 19 Tage

Folie 16

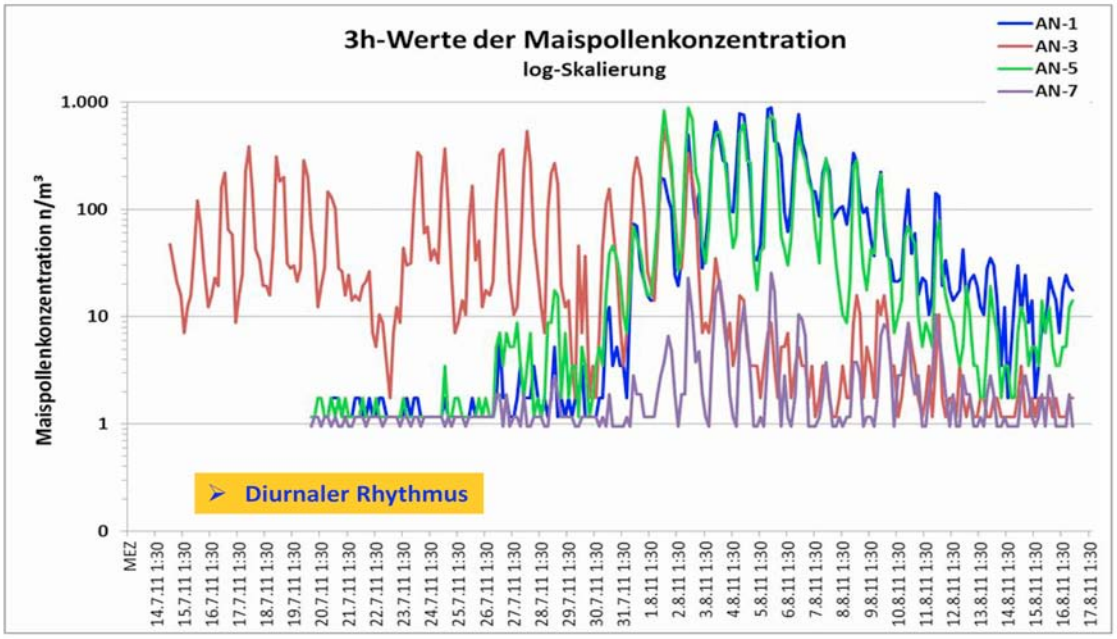
Variation der Maispollenblüte von Feld zu Feld in 2011



- Variation der Maispollenblüte über einen Zeitraum von mehr als 4 Wochen
- Variation der Blühphase innerhalb eines Feldes von kompakt über ca. 2 Wochen bis über 3 Wochen auf Grund von Blühunterbrechungen bei ungünstiger Witterung

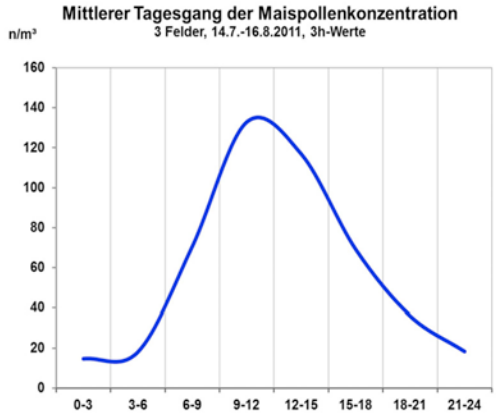
Folie 17

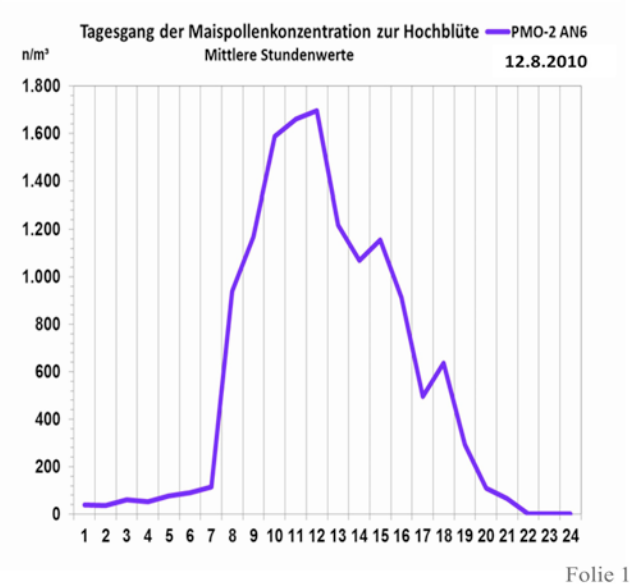
Detaillierter Verlauf der Maispollenblüte
PMO 2011



Folie 18

Tagesgang der Maispollen-Konzentration im Feld





Folie 19

Unterbrechung der Pollenfreisetzung durch ungünstige Witterung

Folie 20

Aylor et al. 2003

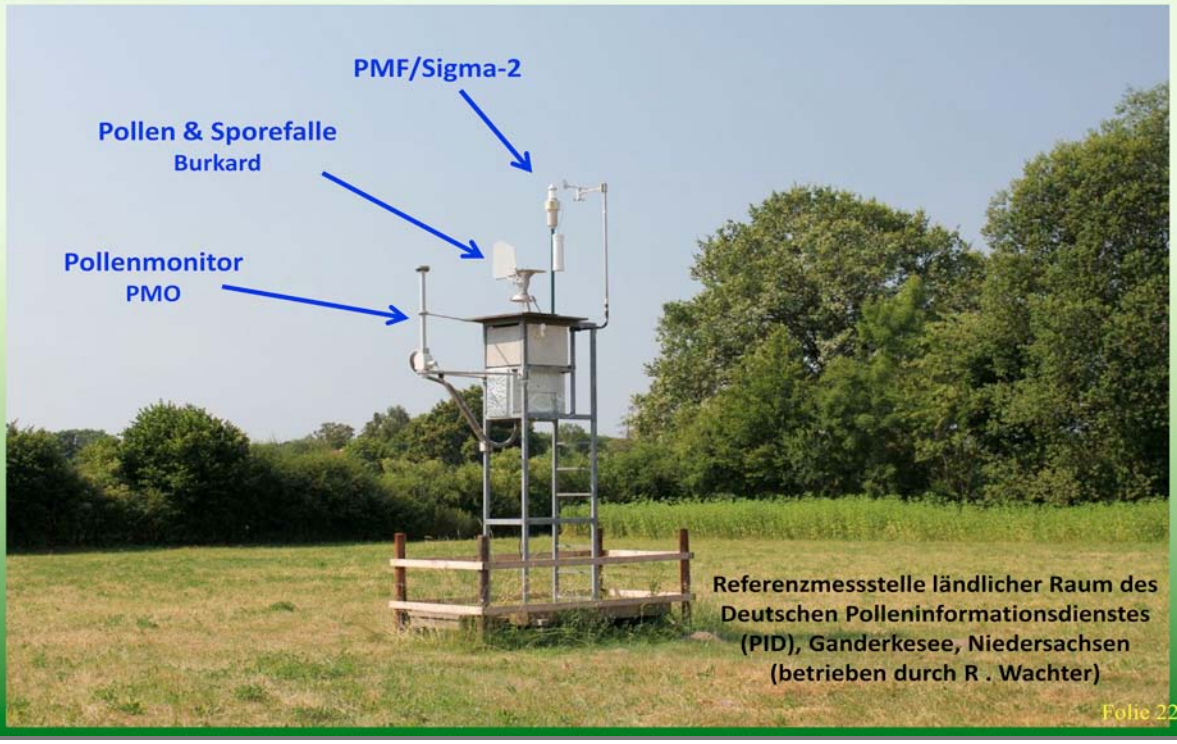
Anthere öffnet sich bei Erwärmung und Trocknung, Pollen werden durch Windstöße freigesetzt (Turbulenz)
-- In der Regel bei schönem Wetter morgens bis mittags
-- Freisetzung auch nach (Gewitter)regen in Zwischenphasen mit Wetterbesserung (starke, trocknende Winde) (siehe Ergebnisse Meteorologie)

Aylor et al. 2003

Folie 21

Langzeit-Messungen der Maispollen-Konzentration

Referenzmessstelle 1994 – 2010



Referenzmessstelle ländlicher Raum des Deutschen Polleninformationsdienstes (PID), Ganderkesee, Niedersachsen (betrieben durch R . Wachter)

Folie 22

Referenzmessungen

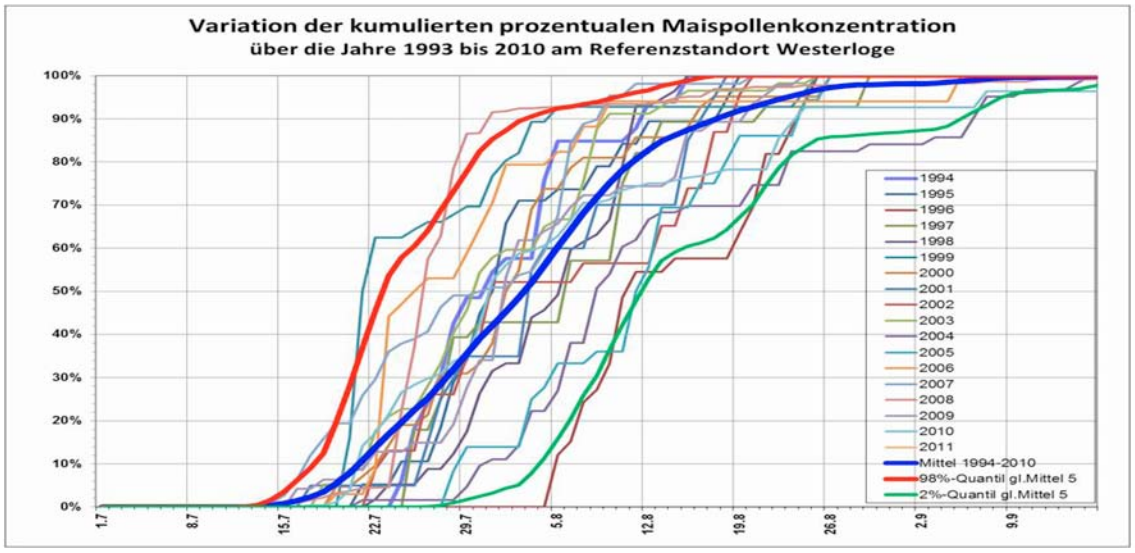
Variation der Maispollen-Blüte 1994-2010

Mittlere Tageswerte der Maispollen-Konzentration in Prozent der Jahreswerte an Referenz-Messstelle

Folie 23

Variation der Maispollenkonzentration 1994 - 2010

Referenzstandort ländlicher Raum, Westerloge NDS



Variation der Dauer der Maispollenblüte
Raum Westerloge/Delmenhorst: Blühbeginn 11.7. bis Blühende Anfang September

Folie 24

Vielen Dank !
Folie 25

Variabilität der Maispollendeposition auf Blättern & Exposition von Gewässerökosystemen durch Pollen und Streu aus dem Maisanbau

Frieder Hofmann[1,2], U. Schlechtriemen[1], U. Kuhn[1,3], B. Boessenkool[4], S. Haase[4], E. Niemann[4], L. Schiebel[4], R. Schütz, B. Schröder[4], C. Mante[5], W. Kratz[5], R. Vögel[6], J. Peil[6]

[1] TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Northeim/Bremen
[2] Ökologiebüro, Bremen
[3] Büro Kuhn, Bremen
[4] Institut für Geo- und Umweltwissenschaften, Uni Potsdam
[5] Freie Universität (FU), Berlin
[6] LUGV Brandenburg, Eberswalde/Angermünde

1 Erfassung der Variabilität der Maispollendeposition auf Futterpflanzen von Schmetterlingen.

Die Variabilität der Maispollendeposition ist von grundlegender Bedeutung für die ökotoxikologische Bewertung der Maispolleneinträge. Die Deposition von Partikeln allgemein wird nicht nur von der Konzentration in der Luft bestimmt, sondern maßgeblich auch von Eigenschaften des Akzeptors, sprich wie gut Maispollen an der Blattoberfläche haften bleiben. Dies hängt wesentlich von morphologischen Eigenschaften der Pflanzenarten ab, ob z. B. das Blatt glatt oder strukturiert ist, rauh, behaart, wachsig, klebrig etc.. Die Maispollen lagern dabei nicht gleichmäßig auf den Blättern, so dass einzelne Schmetterlinge auch erheblich höheren Dosen an *Bt*-Pollen ausgesetzt sind als im Mittel über das Blatt. Allerdings existieren keine genauen Daten hierzu, aus methodischen Gründen wurden in bisherigen Untersuchungen in erster Linie Mittelwerte erhoben.

Ziel des Vorhabens war es mit Hilfe eines neuen Messverfahrens mittels mobiler Digitalmikroskopie, das eine sichere Erfassung von Maispollen direkt auf den Blättern im Freiland mit ausreichender Feinauflösung gestattet (HOFMANN et al. 2011), erstmals die Variabilität der Maispollendeposition auf unterschiedlichen Futterpflanzen zu erfassen und damit eine realistischere Abschätzung der Expositionsrisiken zu erhalten.

Für eine repräsentative Erfassung wurde ein statistisches, strukturiertes Probenahmedesign mit insgesamt 27 Messpunkten pro Blatt und drei Blättern von drei Pflanzen pro Aufnahmetag und Ort entwickelt. Die Erhebungen wurden über den Blühzeitraum von Mais an 3 Standorten durchgeführt. Hierbei wurden neben Mais verschiedene Pflanzenarten berücksichtigt (Brennnessel, Ampfer, Brombeere, Gänsefuß) die unterschiedliche Blatteigenschaften aufwiesen und Futterpflanzen diverser Schmetterlingsarten repräsentieren. Insgesamt wurden mehr als 5.000 digitale Aufnahmen zur Blattdeposition ausgewertet.

Die Ergebnisse belegen eine stark inhomogene Verteilung der Maispollendeposition auf den Blattoberflächen. Hierbei wurden erhebliche Translokationen über die Zeit festgestellt. Bedingt durch Blattbewegung, Wind und Regen, ergaben sich Aggregationen und Akkumulationen, die insbesondere an Blattstrukturen auftraten.

Über den gesamten Messzeitraum vom 28. Juli bis 17. August waren erhebliche Maispollendepositionen mit Werten über 10 n/cm² festzustellen, bei Tagesmittelwerten von über 1.000 n/cm² an mehreren Tagen. Die Depositionswerte wiesen bei den verschiedenen Pflanzenarten ähnliche Trends über die Zeit bei unterschiedlichen Niveaus auf. Die Histogramme zur Verteilung der Messwerte zeigen, dass das Gros der Messwerte im Bereich von 100 bis 1.000 n/cm² anzusiedeln ist und mit Maxima von über 10.000 n/cm² gerechnet werden kann.

2 Exposition von Gewässerökosystemen durch Pollen und Streu aus dem Maisanbau

In den bisherigen Risikobewertungen von *Bt*-Mais wurden Gewässerökosysteme vernachlässigt. Auf Grund neuerer Studien aus den USA, Kanada und Norwegen, die auf eine mögliche Exposition und Effekte hinwiesen, kam dieser Aspekt in Diskussion. Brandenburg ist reich an geschützten Gewässerökosystemen. Daher sollte in diesem Forschungsvorhaben dieser Aspekt aufgegriffen und erstmals für Deutschland ansatzweise die Exposition von Gewässerökosystemen mit den wesentlichen Eintragspfaden Pollenflug und Streueintrag während und nach der Ernte näher untersucht werden.

Im Sommer wurden die Polleneinträge in Gewässerökosysteme exemplarisch über das standardisierte Verfahren des PMF untersucht und mit den Einträgen in terrestrische Systeme verglichen. Ein signifikanter Unterschied konnte dabei nicht festgestellt werden.

Für die Erfassung der Streueinträge über die Luft im Herbst während der Maisernte (Häcksel) wurden im Jahr 2009 25 Streufallen und in 2010 148 Streufallen so positioniert, dass ein Entfernungsbereich vom Feldrand bis in 200 m Abstand zum Feldrand abgedeckt und ein Gewässerökosystem berücksichtigt wurde.

Da die Ausbreitung und auch die Verfügbarkeit und Wirkung wesentlich von der Größenfraktion der Maispartikel abhängt, wurden hierbei die Größenbestandteile (Fraktionen) des Maishäckselgutes ermittelt und im weiteren differenziert erfasst.

Die Ergebnisse belegen für beide Jahre, 2009 und 2010, deutlich ausgeprägte, einheitliche Gradienten der Maisstreu-Depositionen in Relation zur Entfernung vom Maisfeld bis in den Entfernungsbereich von 100 m. Dies eröffnet Regelungsansätze zur Expositionsminderung über Abstände.

Literatur

BØHN, T, PRIMICERIO, R., HESSEN, D.O., TRAAVIK,T. (2008) Reduced fitness of Daphnia magna fed a *Bt*-transgenic maize variety. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 55, 584-592.

DOUVILLE, M.; GAGNÉ, F.; BLAISE, C.; ANDRÉ, C. (2007): Occurrence and persistence of Bacillus thuringiensis (*Bt*) and transgenic *Bt* corn cry1Ab gene from an aquatic environment. EcotoxicolEnvironSaf 66: 195-203.

KRATZ W, MANTE C, HOFMANN F, SCHLECHTRIEMEN U, KUHN U, OBER S, VÖGEL R (2010): Exposure of maize harvest by-products to aquatic ecosystems and protected nature reserves in Brandenburg, Germany. Breckling B &Verhoeven R.: Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales. Theorie in der Ökologie 16, 20-21. Frankfurt, Peter Lang.

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. ProcNatlAcadSci USA 104: 16204–16208.

HOFMANN, F., OTTO, M., KUHN, U., OBER, S., SCHLECHTRIEMEN, U., VÖGEL, R. (2011): A New Method for in situ Measurement of *Bt*-Maize Pollen Deposition on Host-Plant Leaves. Insects (2): 12-21; [Link] (last access 15.10.)

Bund-Länder-F+E-Vorhaben2009-2012 (UFOPLAN FKZ 3509 89 0300)

Eintrag von Bt-Mais in die Umwelt

Variabilität der Maispollendeposition auf Blättern & Exposition von Gewässerökosystemen durch Pollen und Streu aus dem Maisanbau

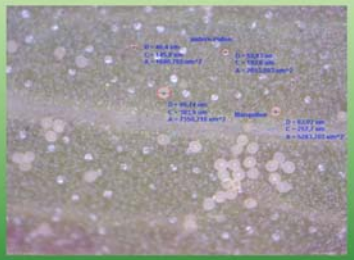
Frieder Hofmann

Ökologiebüro
TIEM Integrierte Umweltüberwachung

U. Schlechtriemen, U. Kuhn, TIEM
B. Boessenkool, S. Haase, E. Niemann, L. Schiebel, R. Schütz, B. Schröder, Uni Potsdam
W. Kratz, C. Mante, FU Berlin
R. Vögel, J. Peil, LUGV BBG

Grafiken: S. Ober, F. Hofmann

1 Variabilität der Maispollendeposition auf Blättern



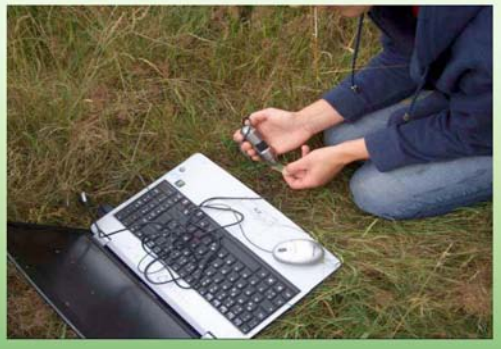
Folie 2

Aufgabenstellung

Quantifizierung der raum-zeitlichen Variabilität der Maispollen-Deposition auf Blättern von Mais und Futterpflanzen von Schmetterlingsraupen über den Blühzeitraum

Folie 3

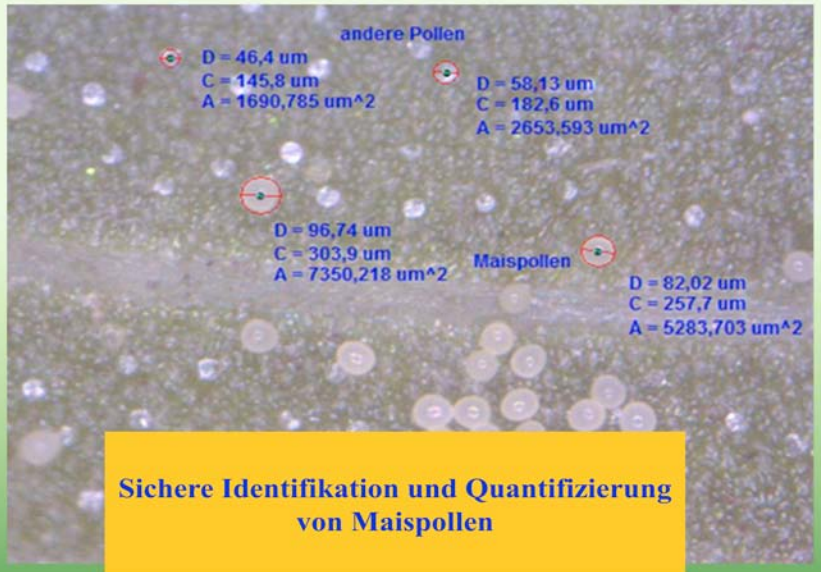
In-situ Erfassung der Maispollen-Deposition mittels Digitalmikroskopie



Digitalmikroskop Dino-Lite Pro mit integrierter LED-Beleuchtung Anschluss per USB an Notebook.

Folie 4

Verfahrensprüfungen in 2008 und 2009



Scabiosenflockenblume (*Centaurea scabiosa*), Futterpflanze u.a. der Schmetterlingsraupen des Grünwidderchen, eine Rote Liste 1 Art; Digitalmikroskopie Freiland 200x (2008)

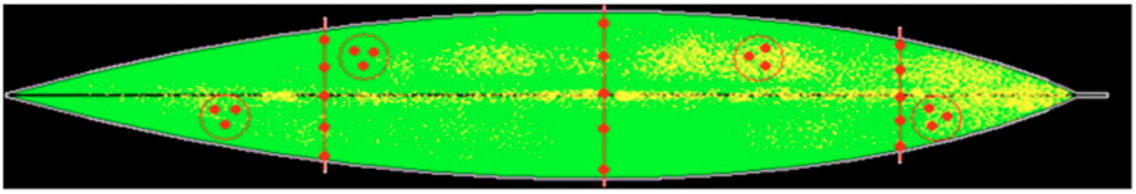
Folie 5

Repräsentative Erfassung über stukturiertes Probenahmedesign

Aufgabe: Repräsentative Erfassung der Variation der Maispollendeposition auf Blattoberfläche, nicht nur Mittelwerte

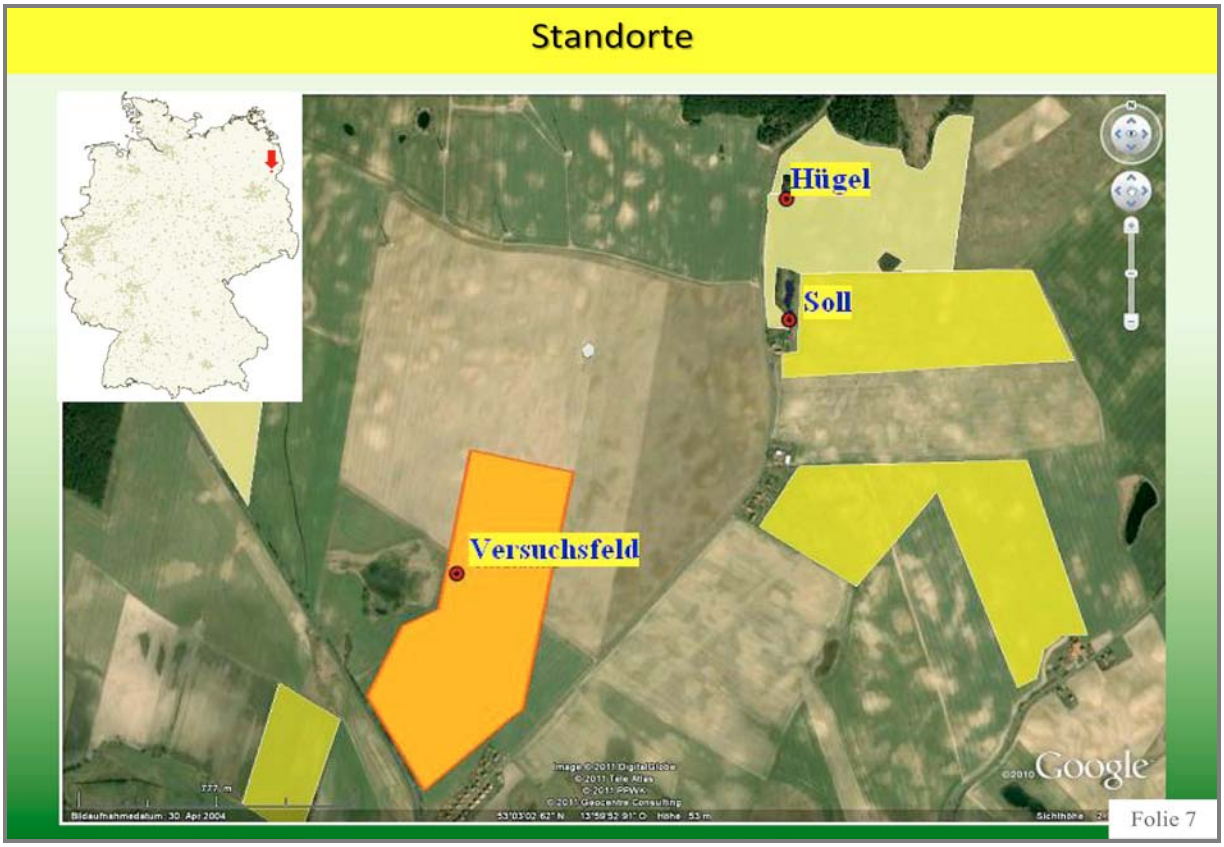
Statistische Erfassung über stukturiertes Probenahmedesign:

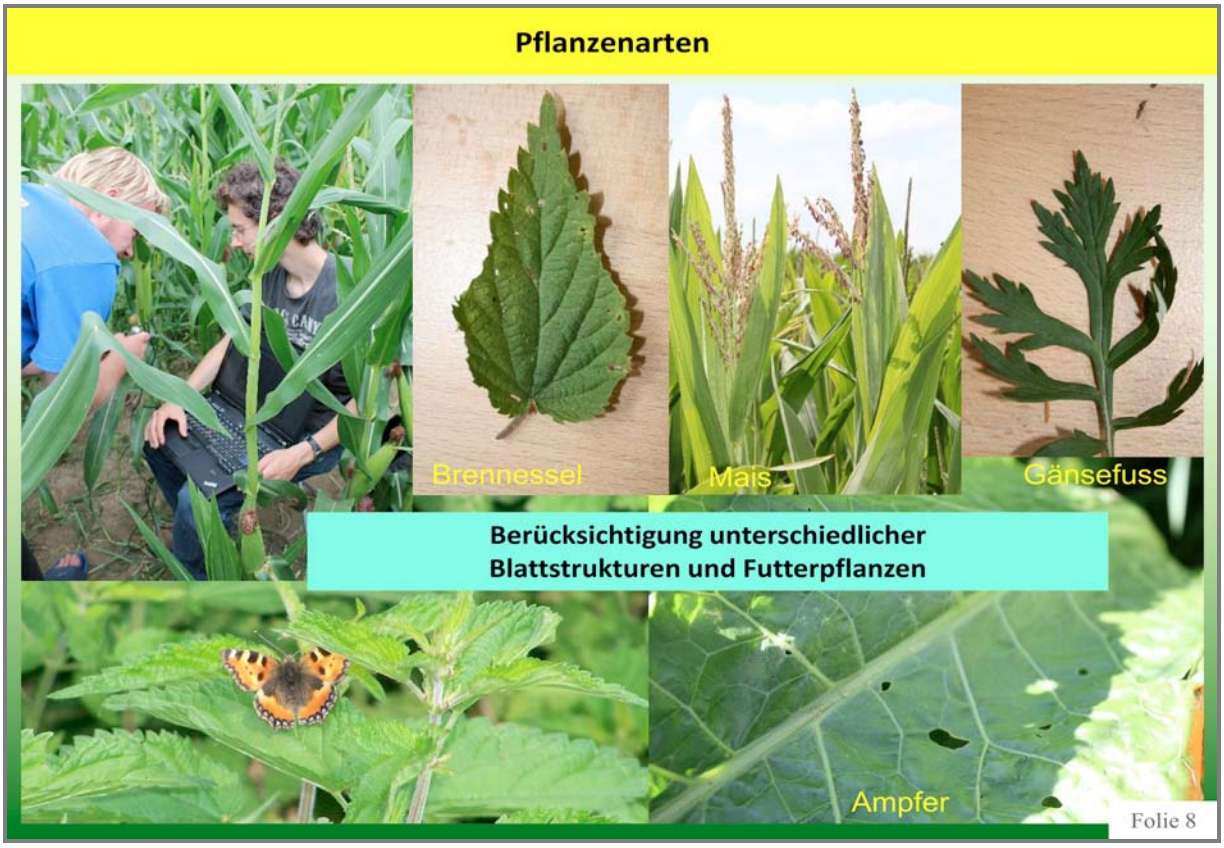
- **3 Transsekte à 5 Punkte**
- **4 Cluster à 3 Punkte (2 hoher Dichte, 2 niedriger Dichte)**
- **3 Blätter von 3 Pflanzen pro Standort**



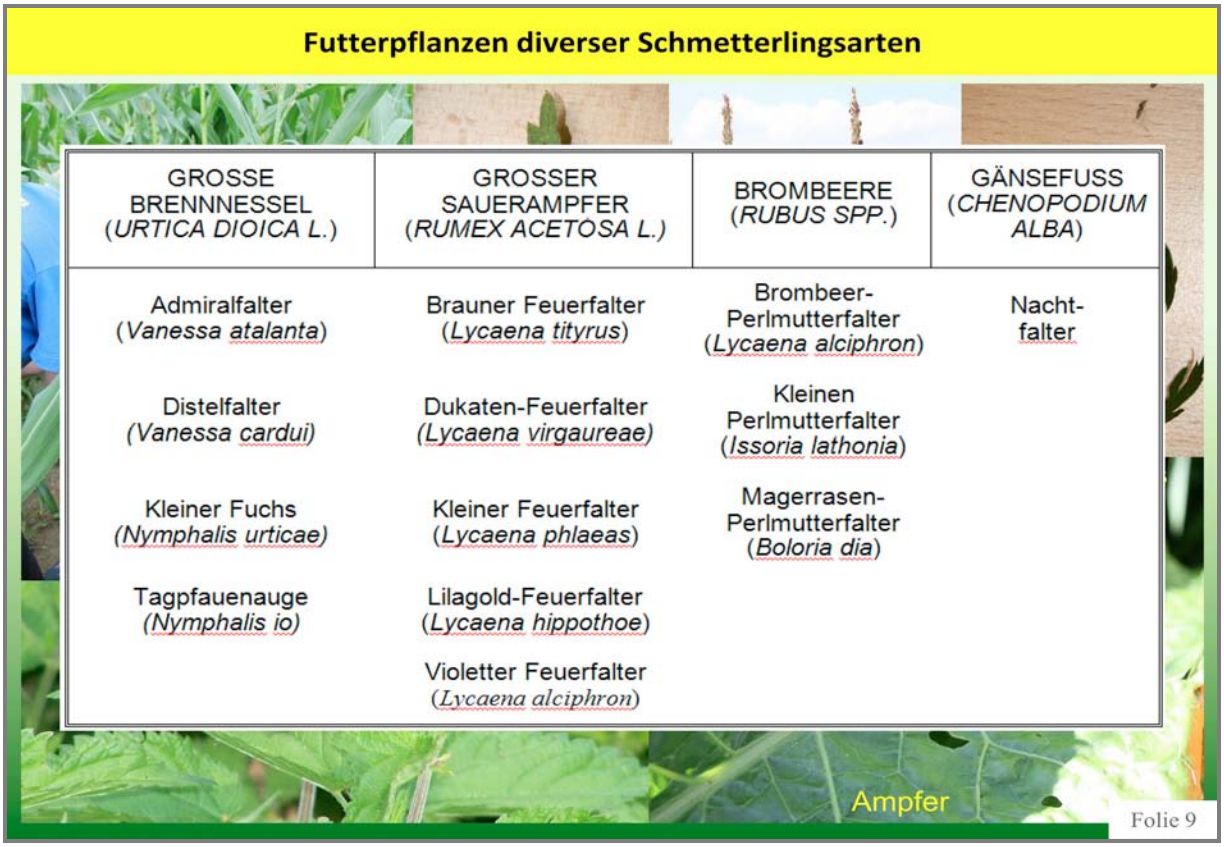
Strukturiertes Probenahmdesign, schematisiert

Folie 6


Standorte
Hügel
Soll
Versuchsfeld
Google
Folie 7


Pflanzenarten
Brennessel
Mais
Gänsefuss
Berücksichtigung unterschiedlicher
Blattstrukturen und Futterpflanzen
Ampfer
Folie 8

Futterpflanzen diverser Schmetterlingsarten



GROSSE BRENNNESSEL (*URTICA DIOICA L.*)	GROSSER SAUERAMPFER (*RUMEX ACETOSA L.*)	BROMBEERE (*RUBUS SPP.*)	GÄNSEFUSS (*CHENOPODIUM ALBA*)
Admiralfalter (*Vanessa atalanta*)	Brauner Feuerfalter (*Lycaena tityrus*)	Brombeer-Perlmutterfalter (*Lycaena alciphron*)	Nacht-falter
Distelfalter (*Vanessa cardui*)	Dukaten-Feuerfalter (*Lycaena virgaureae*)	Kleinen Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*)	
Kleiner Fuchs (*Nymphalis urticae*)	Kleiner Feuerfalter (*Lycaena phlaeas*)	Magerrasen-Perlmutterfalter (*Boloria dia*)	
Tagpfauenauge (*Nymphalis io*)	Lilagold-Feuerfalter (*Lycaena hippothoe*)		
	Violetter Feuerfalter (*Lycaena alciphron*)		

Ampfer

Folie 9

Standortbeispiel: Maisfelder am Soll mit Brennessel und Ampfer

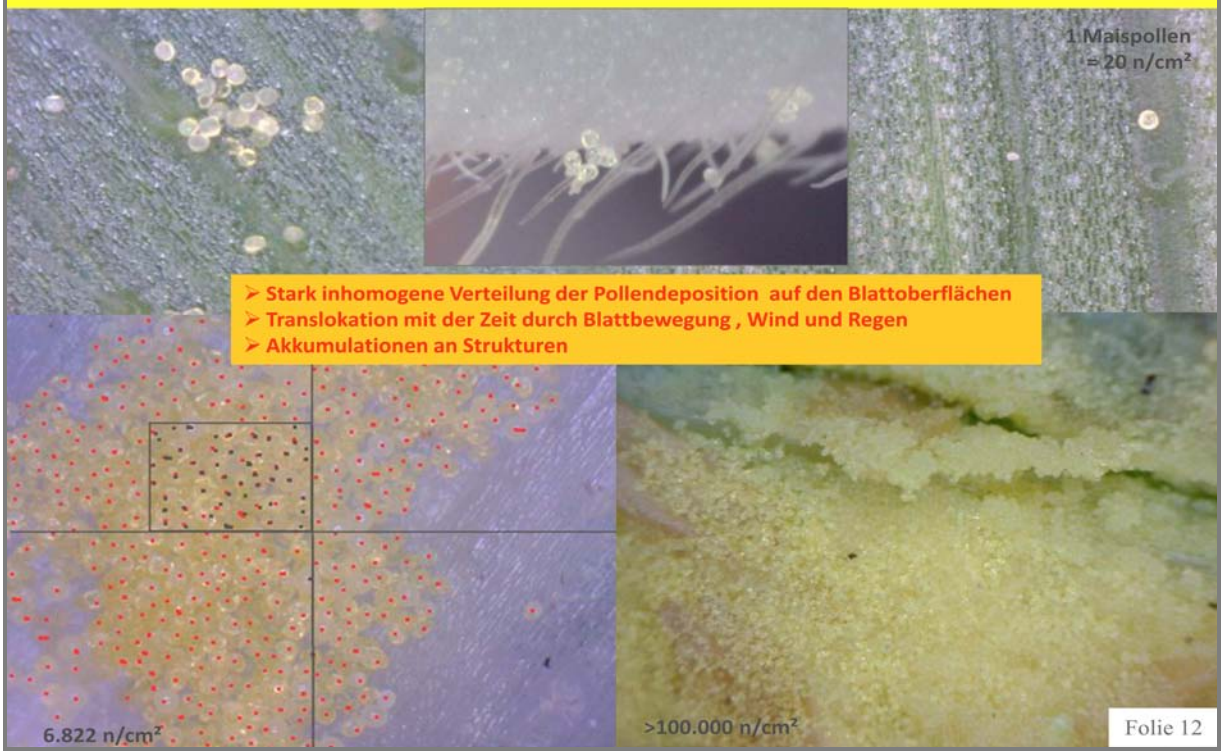
Folie 10

… Gegenbeispiel aus der Literatur

M. Schuppener, RWTH Aachen
www.biosicherheit.de 2011

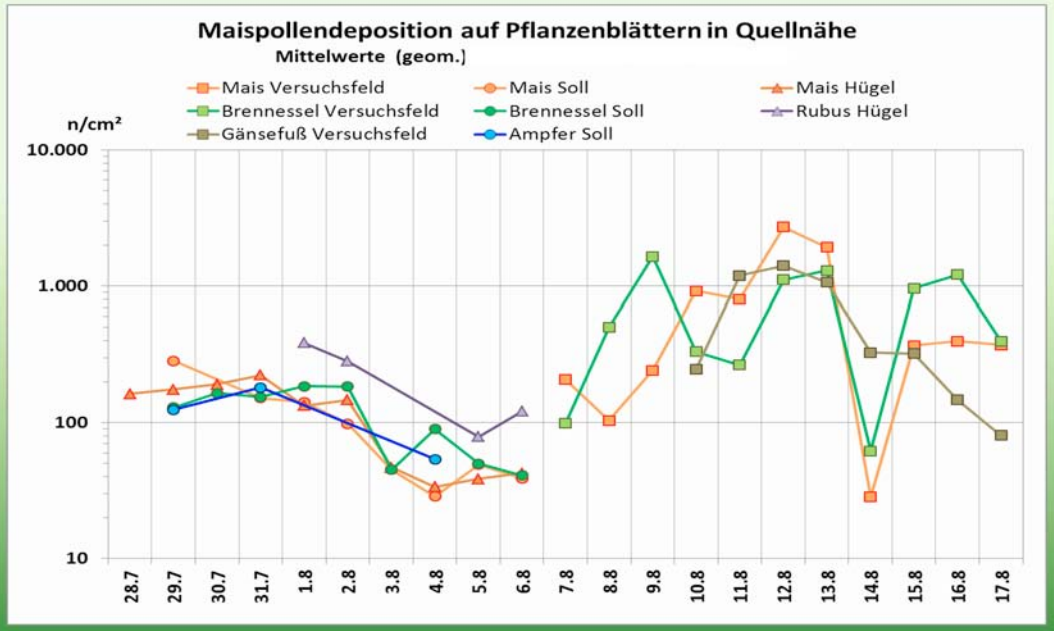
Folie 11

Variation der Maispollendeposition auf Blättern



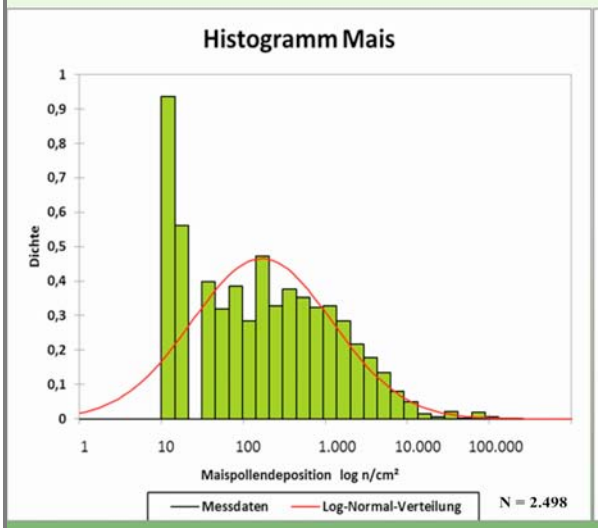
Folie 12

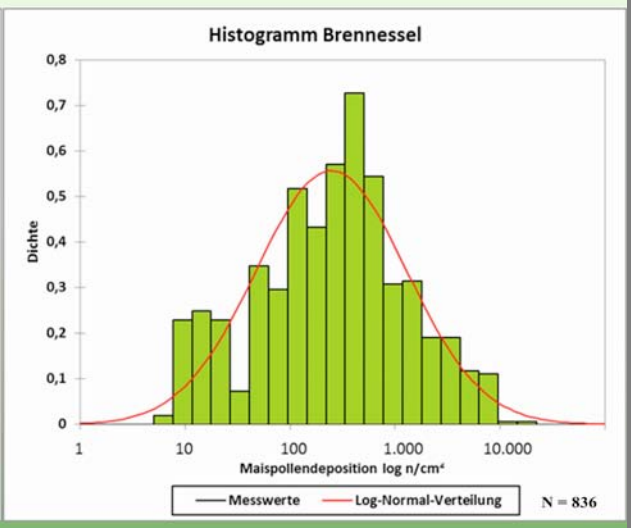
Verlauf der Maispollendeposition auf Blättern



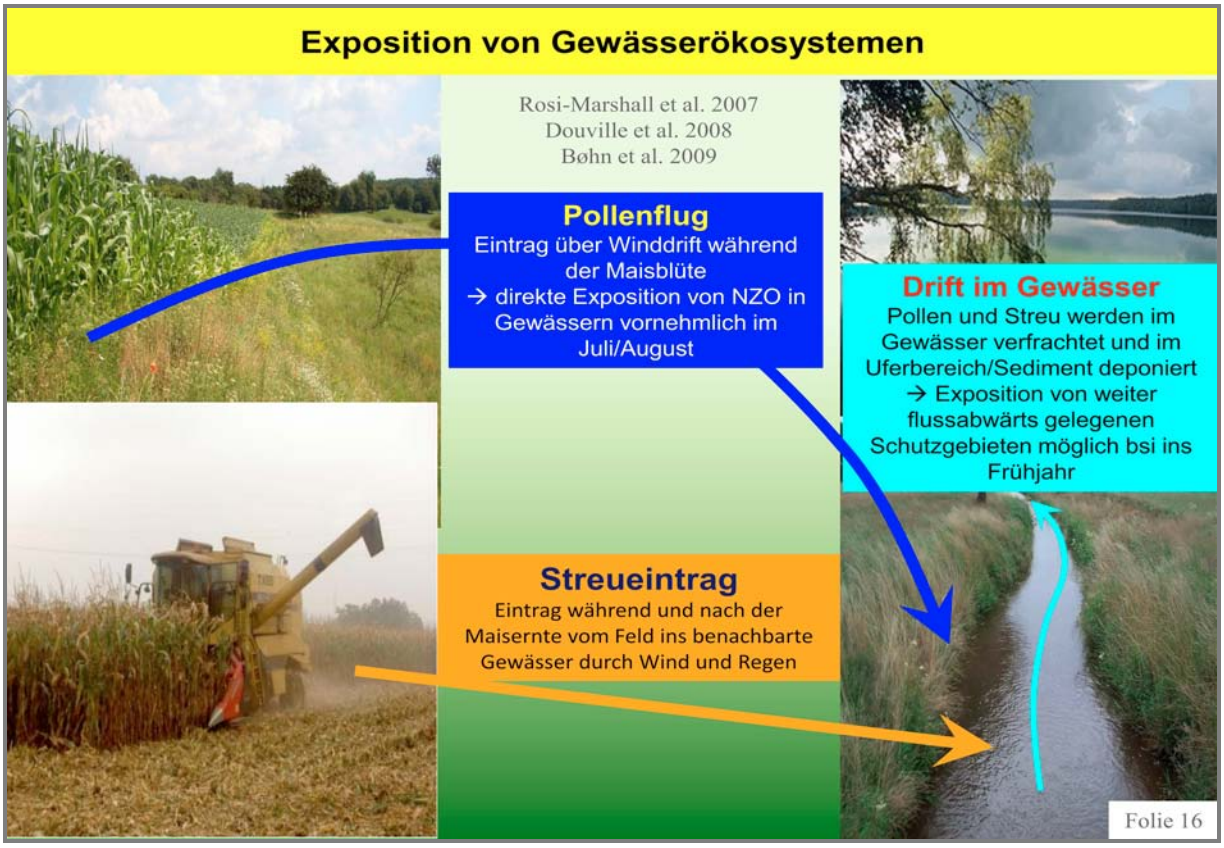
Folie 13

Variation der Maispollendeposition auf Blättern

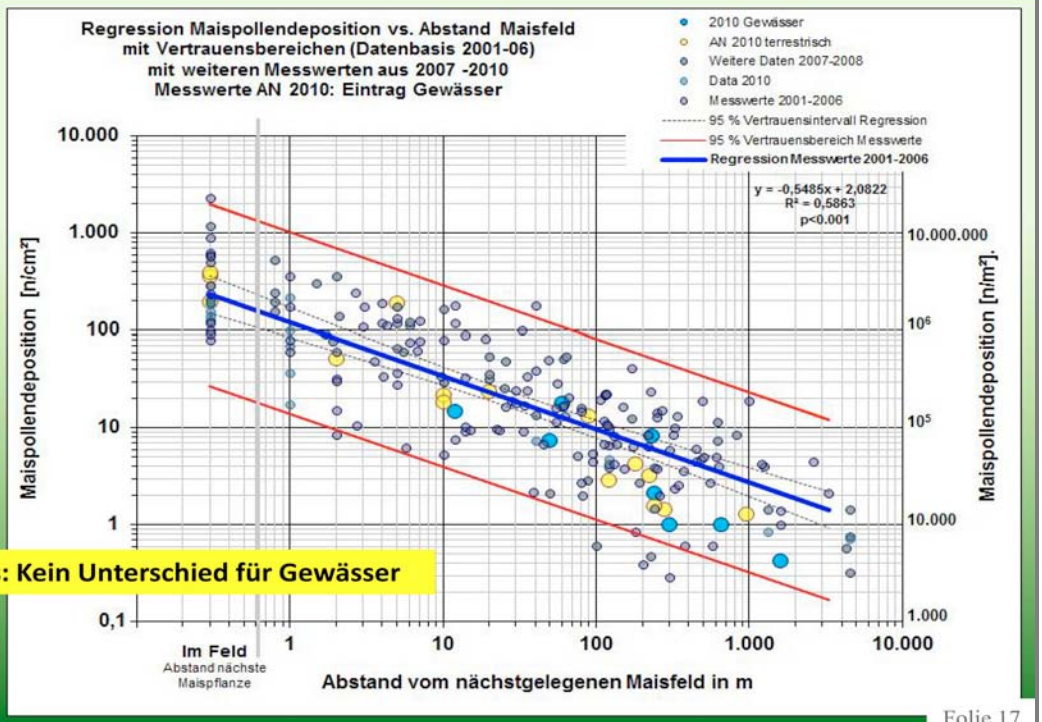




2. Exposition von Gewässerökosystemen
durch Eintrag von Pollen und Streu aus dem Bt-Maisanbau
Folie 15


Exposition von Gewässerökosystemen
Rosi-Marshall et al. 2007
Douville et al. 2008
Bøhn et al. 2009
Pollenflug
Eintrag über Winddrift während der Maisblüte
→ direkte Exposition von NZO in Gewässern vornehmlich im Juli/August
Drift im Gewässer
Pollen und Streu werden im Gewässer verfrachtet und im Uferbereich/Sediment deponiert
→ Exposition von weiter flussabwärts gelegenen Schutzgebieten möglich bsi ins Frühjahr
Streueintrag
Eintrag während und nach der Maisernte vom Feld ins benachbarte Gewässer durch Wind und Regen
Folie 16

Ergebnis: Maispolleneintrag Gewässeröksysteme 2010



Ergebnis: Kein Unterschied für Gewässer

Folie 17

Streueintrag während der Ernte über die Luft

Folie 18

Erfassung des Streueintrages

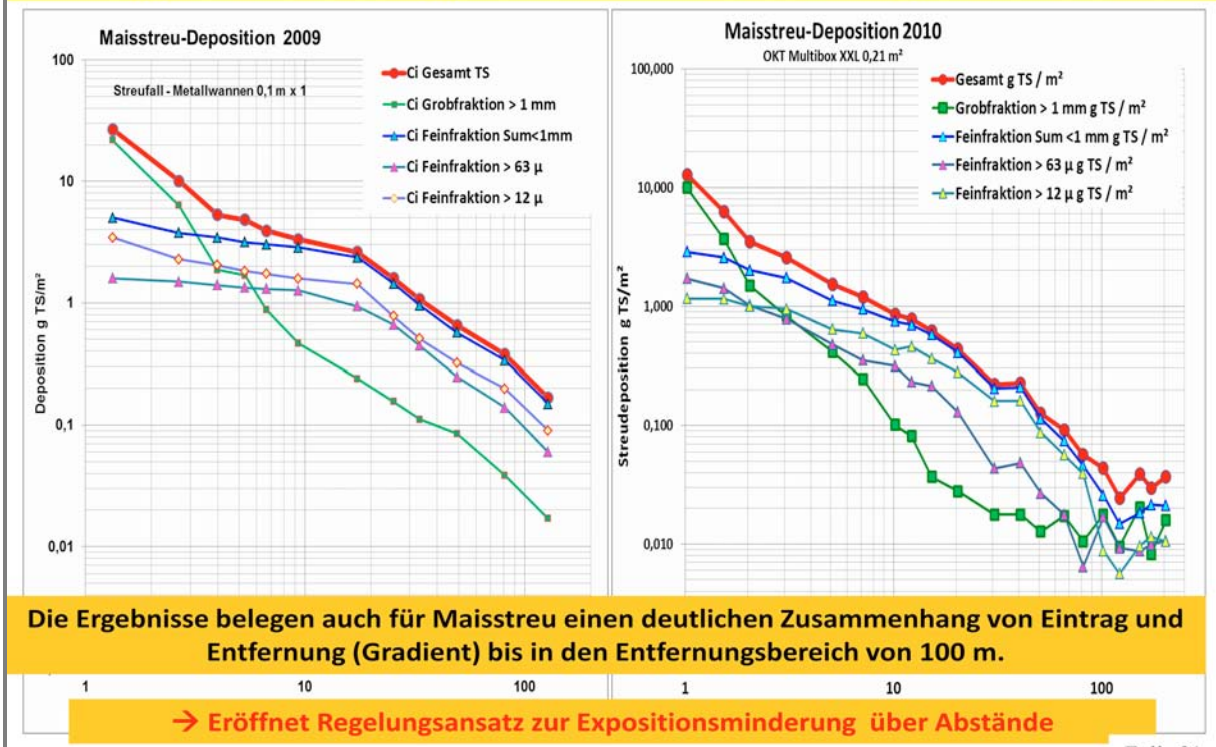
- Positionierung von Streufallen während Maisernte (Häckseln) in 2009 und 2010. In 2009 wurden 25 Streufallen und in 2010 148 Streufallen aufgestellt, wobei ein Entfernungsbereich vom Feldrand bis in 200 m Entfernung abgedeckt und Gewässer (Soll) berücksichtigt wurden.

Folie 19

Maishäcksel-Streu

Folie 20

Ergebnis: Maisstreu-Deposition in Relation zur Entfernung vom Maisfeld



Die Ergebnisse belegen auch für Maisstreu einen deutlichen Zusammenhang von Eintrag und Entfernung (Gradient) bis in den Entfernungsbereich von 100 m.

→ Eröffnet Regelungsansatz zur Expositionsminderung über Abstände

Folie 21

Zusammenfassung und Empfehlungen für den Naturschutz

Steffi Ober

NABU Bundesverband, Berlin

Obwohl seit dem Jahr 2009 die Zulassung von MON810 Mais in Deutschland ausgesetzt ist, muss in Zukunft mit vermehrtem Anbau von gv-Mais gerechnet werden. MON810 Mais ist jedoch nicht der einzige insektenresistente Mais, der für den Anbau in der EU vorgesehen ist. In der Tat stehen die Anbauentscheidungen für eine ganze Reihe von *Bt*-Mais Events aus (z. B. MON88017; MON8903; Event 1507 sowie diverse Kreuzungsprodukte). Zusätzlich dazu werden voraussichtlich herbizidresistente Maissorten sowie Sorten mit sowohl insekten- und herbizidresistenten Eigenschaften erwartet.

In Brandenburg hat sich der Maisanbau von 135.000 Hektar im Jahr 2007 auf 192.000 Hektar im Jahr 2012 erheblich ausgeweitet. Damit liegt Brandenburg im bundesweiten Trend mit einer Zunahme des Maisanbaus um 900.000 Hektar auf 2,5 Mio Hektar. Der Trend zu mehrjährigem Anbau auf der gleichen Fläche verstärkt das mögliche Aufkommen von Schädlingen und fördert so den möglichen Einsatz von insektenresistentem gv-Mais. Eine weitere negative Folge des vermehrten Maisanbaus wird unter dem Schlagwort „Vermaisung der Landschaft“ abgehandelt. -Mit der Energieförderung nachwachsender Rohstoffe, hier Biogas, für den Maisanbau wurde bundesweit naturschutzfachlich wertvolles Grün- und Brachland umgebrochen als auch bis dicht an Wasserläufe und in sensible Gebiete hineinreichend Mais angebaut. Hierdurch wurde der Lebensraum zahlreicher geschützter Arten erheblich eingeschränkt mit der Folge von, mit dem Gesetz nicht intendierten negativen Folgen für den Naturschutz.

Das bei GVO in der EU und Deutschland geltende Vorsorgeprinzip gebietet, mögliche Risiken für die europäischen Schutzgebiete und die darin lebenden Organismen zu vermeiden. Deshalb stellt sich die Frage, wie hoch der Eintrag von Pollen aus dem *Bt*-Maisanbau in Schutzgebiete ist und welche Abstände man braucht, um Risiken für die Schutzziele auszuschließen. In hierzu durchgeführten Untersuchungen, u. a. im NSG/FFH-Gebiet Ruhlsdorfer Bruch in Brandenburg über die Jahre 2007 und 2008 wurde festgestellt, dass Maispollen sich nicht nur im Nahbereich von Feldern ablagern, sondern die Pollen mit dem Wind bis weit in den km-Bereich verdriftet werden. Der Nachweis von erheblichen Maispollen-Einträgen bis mitten in die Schutzgebiete hinein veranlasste das Land Brandenburg 2008, für den *Bt*-Maisanbau per Erlass eine Abstandsregelung von 800 Meter Pufferabstand zu sensiblen Schutzgebieten vorzusehen.

Mit dem Forschungsvorhaben sollten praxisorientierte Ziele verfolgt werden. Zum einen sollen die Ausbreitung von Maispollen als Begründung für die Abstandsregelung einer kritischen Prüfung unterzogen werden als auch zum anderen Handlungsoptionen für den Naturschutz evaluiert werden.

Ein wesentliches Element stellten hierbei Ausbreitungsrechnungen für Maispollen dar, die in dem Vorhaben über 3 Jahre mit Freilandmessungen erfolgreich validiert wurden. Im Kontext dieser Untersuchungen wurden die Gradienten zum Maispollenflug und damit die wissenschaftlichen Grundlagen für die Festlegung eines Pufferabstandes im Größenordnungsbereich von 800 – 1.000 m bestätigt. Neben dem Pollenflug in der Luft wurden in dem Vorhaben auch die Maispollendepositionen auf Futterpflanzen von Nichtzielorganismen, hier Schmetterlingen, untersucht, sowie erstmals für Deutschland die Exposition von Gewässer-Ökosystemen, die bisher in den Risikoanalysen zum *Bt*-Mais vernachlässigt wurden.

Die Ergebnisse hierzu wurden in den vorangegangenen Präsentationen ausführlich vorgestellt.

Im Folgenden soll hier auf die Ergebnisse des Forschungsvorhabens im Hinblick auf praxisorientierte Handlungsoptionen für den Naturschutz eingegangen werden:

1. Regulierungsansatz „Abstandsregelung“

Dies ist ein im Umweltbereich gängiges und bewährtes Verfahren (siehe z.B. TA Luft). In Brandenburg wurde ein Pufferabstand von 800 m zu sensiblen Schutzgebieten festgelegt. Diese Regelung beinhaltet, dass ein *Bt*-Maisanbau außerhalb der Pufferzone mit für den allgemeinen Anbau zugelassenen Sorten ohne weiteres gestattet ist. Möchte ein Landwirt näher am Schutzgebiet anbauen, so ist hierzu vorab eine spezifische Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) erforderlich. Die Pufferzonen mit möglichen Einschränkungen lassen sich mit einem geografischen Informationssystem (GIS) kartografisch ausweisen. Sie wurden in Brandenburg über das landeseigene Portal im Web für jeden einsichtig dargestellt. Eine derartige Abstandsregelung gilt vor allem als pragmatischer und effizienter Regelansatz, der Transparenz und Planungssicherheit auf allen Seiten herzustellen vermag.

Die in Brandenburg im Jahr 2008 eingeführte Abstandsregelung gilt jedoch nicht bundesweit. Sie wurde zwar von einigen Bundesländern, wie z. B. Bayern und Sachsen mit 1.000 m, aufgegriffen aber andere Bundesländer diskutieren noch über unterschiedliche Abstände. Unsere erste von drei praxisorientierten Empfehlungen lautet daher: Eine bundesweit harmonisierte Umsetzung einer Abstandsregelung von 1.000 m zu Schutzgebieten.

2. Durchführungsregelung für die Umweltverträglichkeitsprüfung

Eine Abstandsregelung ist unmittelbar in der Praxis umsetzbar und gewährt damit einen Basis-Schutz. Im Gegensatz zu klassischen Umweltbereichen bestand allerdings im Falle des *Bt*-Maisanbaus das Problem, dass Regelungen für eine entsprechende Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) im Einzelfall fehlen. Wenn ein Landwirt z. B. innerhalb einer Pufferzone *Bt*-Mais anbauen möchte, müsste er eine UVP durchführen lassen. Ausbreitungsrechnungen stellen ein bewährtes Instrument der UVP in anderen Umweltbereichen dar, so dass mit der Validierung der Ausbreitungsrechnung für Maispollen eine wesentliche Voraussetzung für eine Anwendung auch im GVO-Bereich geschaffen wurde. In den folgenden Folien soll exemplarisch das Anwendungspotential veranschaulicht werden:

Im Gegensatz zu einer starren Pufferzone lassen sich über Ausbreitungsrechnungen die Windverhältnisse und topografischen Gegebenheiten sowie Überlagerungseffekte aus benachbarten Feldern in der Pollenbelastung realistischer berücksichtigen. In dem gezeigten Beispiel indiziert der Pfeil in der Skala die Maispollendeposition, die einem 800 m - Pufferabstand im Mittel entspricht (30.000 n/m², Grenze zwischen Dunkelgrün und hellblau). Sie bedeutet gleichzeitig, dass in Gebieten außerhalb (z. B. Schutzgebiete) Pollendepositionen von über 250.000 n/m² für den Einzelfall mit einer statistischen Wahrscheinlichkeit von 95 % vermieden werden können. Deutlich ist zu erkennen, wie durch die Windverhältnisse eine entsprechende Verformung der Pufferzone entsprechend der vorherrschenden Windrichtungen erfolgte.

Im GIS lässt sich eine räumliche Verschneidung von Maisanbau, Verteilung der Maispollendeposition per Ausbreitungsrechnung und Lage der Schutzgebiete vornehmen. Konflikt-

bereiche sind rasch und nachvollziehbar zu identifizieren.

In einer fallspezifischen Umweltverträglichkeitsprüfung können über Ausbreitungs-Szenarien Lösungsansätze zum Umgang mit potentiellen Konfliktbereichen zügig im GIS erarbeitet werden, die sich einfachen Analysen auf Grund komplexer Vorgänge entziehen. Die Basis für eine pragmatische Umsetzung in der behördlichen Praxis stellt hierbei die Übertragung der Ausbreitungsrechnung ins GIS als sogenanntes TAFF-Verfahren dar, das im Fachvortrag von Herrn Janicke näher erläutert wurde. Somit kann über die Anwendung der Ausbreitungsrechnung in der fallspezifischen Prüfung der UVP der Anbau gezielt reguliert werden und über gezielte Freilandmessungen können geeignete Effizienzkontrollen vorgenommen werden.

Dies mündet in unsere zweite von drei Empfehlungen: Erstellung verbindlicher Regelungen und Kriterien für die Einzelfallprüfung in der UVP. Einen Ansatz hierzu bietet die Verwendung von Ausbreitungsrechnungen analog anderer Regelbereiche, wobei entsprechende Effizienzkontrollen über Freilandmessungen mit vorzusehen sind. Für eine pragmatische Umsetzung sind noch entsprechende Praxistests erforderlich, die auch an konventionellen Maisbeständen durchgeführt werden können.

Darüber hinaus ergeben sich folgende weitere Anwendungspotentiale der Ausbreitungsmodellierung:

- Ergänzende Risiko-Analysen / Worst-Case-Szenarien. So können Sensibilitätsanalysen für ungünstige Situationen im Hinblick auf Anbau- und Witterungsbedingungen durchgeführt werden. Ebenso können unterschiedliche Maisanbaudichten oder ungünstige bzw. seltene Witterungsereignisse (10-Jahres-, 100-Jahresereignisse) modelliert werden.
- Die Ausbreitungsmo*d*ellierung dient weiterhin der Optimierung von Messplänen und hilft so, Freilandmessungen effizienter zu planen und durchzuführen, sowie die Aussagekraft zu steigern.

Zu beachten ist, dass die Ausbreitungsmodellierung die Freilandmessung nicht ersetzt sondern beide Verfahren sich gegenseitig ergänzen.

3. Abstandsregelungen zu Gewässerökosystemen

Die dritte Handlungsempfehlung betrifft die Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben zum Schutz von Gewässerökosystemen. Dem Vorsorgeprinzip entsprechend werden Abstandsregelungen zu Gewässerökosystemen zur Reduzierung der Exposition über Streueinträge von mindestens 50 m bis 100 Meter empfohlen. Durch Drift im Gewässer können flussabwärts gelegene, weiter entfernte Schutzgebiete in erheblichem Maße exponiert werden. Die Ergebnisse belegen für den Maisstreu-Eintrag einen deutlichen Gradienten bis in den Entfernungsbereich von 100 m, so dass auch hier Abstandsregelungen eine effektive Maßnahme zur Expositions- und damit Risikominderung darstellen.

Fazit der Empfehlungen:

1. Eine bundesweit einheitliche Regelung von Abständen zu Schutzgebieten mit 1.000 Meter Abstand umzusetzen.

2. Aufforderung an Bund und Länder eine Handreichung für die Naturschutzbehörden mit Kriterien für die Vorprüfung in der UVP zu entwickeln.

3. Abstandsregelungen für Gewässerökosysteme von mindestens 50 bis 100 Meter einzuführen.

Bund-Länder-F+E-Vorhaben (UFOPLAN FKZ 3509 89 0300)
2009-2012

Zusammenfassung und Empfehlungen für den Naturschutz

Zum Eintrag des Bt-Proteins aus Bt-Maisflächen in die Umwelt

Dr. Steffi Ober
NABU Bundesverband

Kein gv-Maisanbau?

In der Pipeline befinden sich viele neue Konstrukte von Bt-Mais, Bt-Mais & Herbizidresistenz, Hr-Mais

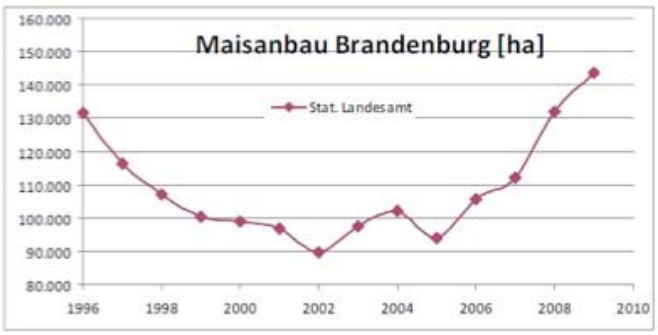
Name	Event	Status
T 25	Herbizidresistenz	Antrag eingereicht
MON 89034&MON88017	Herbizidresistenz	Antrag eingereicht
MON 89034&NK603	Herb.+Inss	Antrag + Bewertung
MON 810	Ins.	Neubewertung
NK 603	Herb.	Antrag + Bewertung
Bt11 TC1507&59122 59122&TC1507&NK603 T25 NK603&MON 810	Insekt. Herb.+ Insekt Herb.+Insekt Herb. Herb+Insekt	Antrag + Bewertung Antrag Antrag Antrag+Bewertung Antrag
...	...	

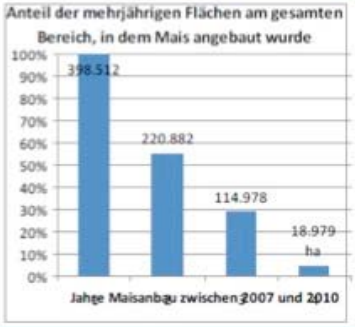
NABU

2

Maisanbau in Brandenburg

Von 2007 bis 2010 hat Maisanbau um 30% zugenommen (von 135.000 ha auf 175.000 ha).

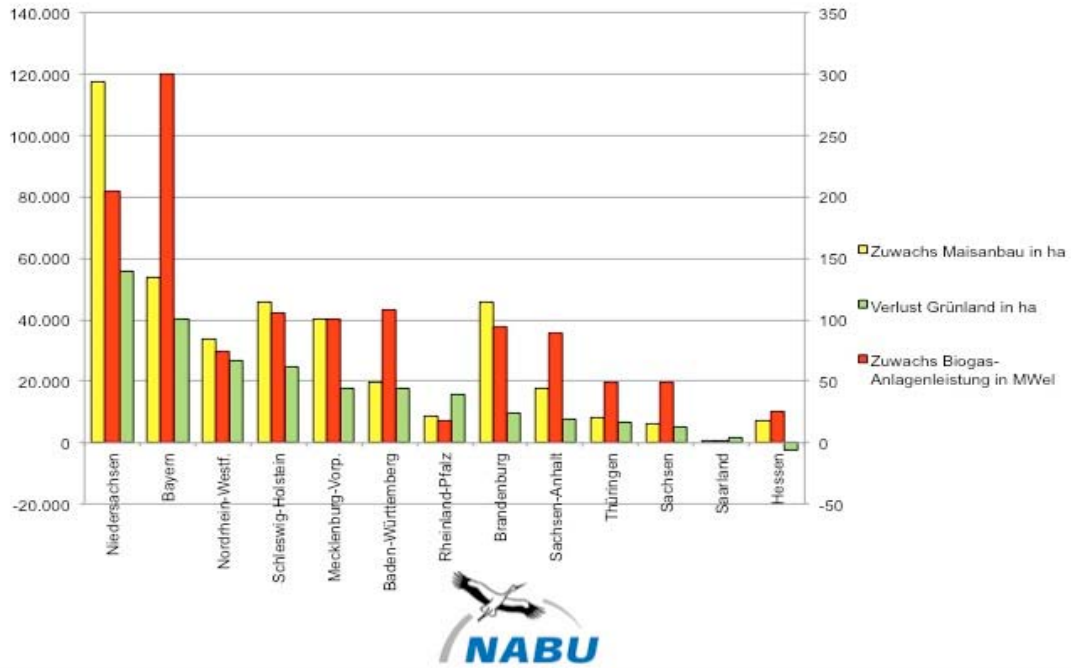




Bundesweite Zunahme des Maisanbaus in 10 Jahren um 900.000 ha auf 2,5 Mio. ha!

NABU

Entwicklung 2005-2009



Vorsorgeprinzip bei GVO und Naturschutz

Es gilt bewahrender und vorsorgender Schutz aufgrund europäischen Rechts für geschützte Gebiete, auch für besonders sensible Pflanzen, Tiere und Ökosysteme.

Th. Roos

NABU

Projektziele
• Praxisorientiert
• Handlungsoptionen für den Naturschutz
• Begründung von Abstandsregelungen für Schutzgebiete
NABU
LAND BRANDENBURG

1. Vorausetzung Validierung

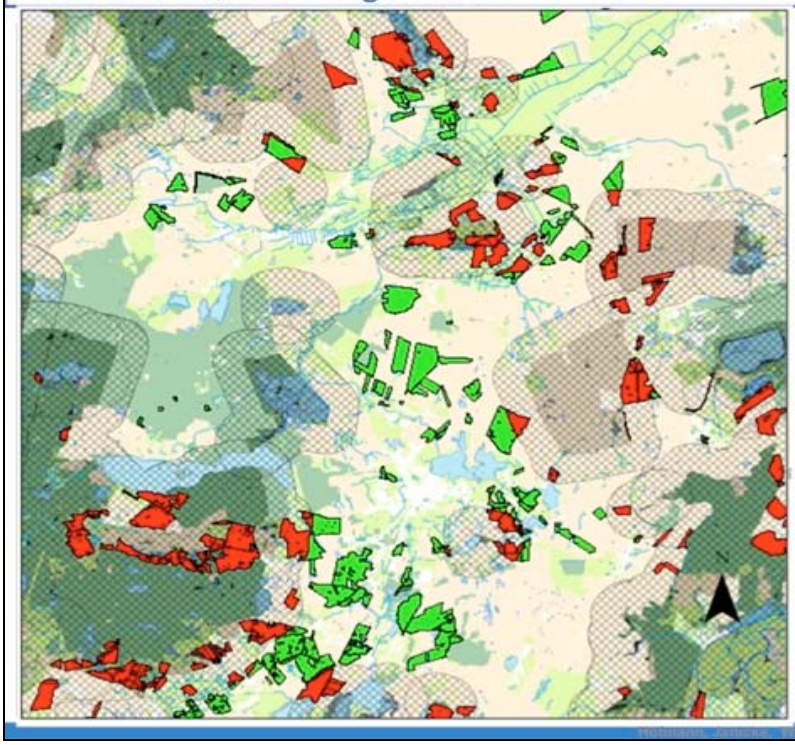
Erfolgreiche Validierung der Ausbreitungsrechnung für den Maispollenflug:

- Modellergebnisse stimmen mit den Freilandmessungen überein
- Bestätigung der Gradienten

NABU

Regulierungsansatz: Abstandsregelung

Maisanbau, Schutzgebiete und 800 m – Pufferzone



im GIS
(erarbeitet unter
Mitwirkung von Berry
Boessenkohl, Prof. Dr. Boris
Schröder, Univ.Potsdam
Frieder Hofmann, Ulf Janicke)

Ausschnitt:
10 km x 10 km

- Mais in Pufferzone
- Mais außerhalb Pufferzone
- Wasser
- Wald
- Wiese
- Acker
- 800 m - Pufferzone

Empfehlung 1(3): Harmonisierung

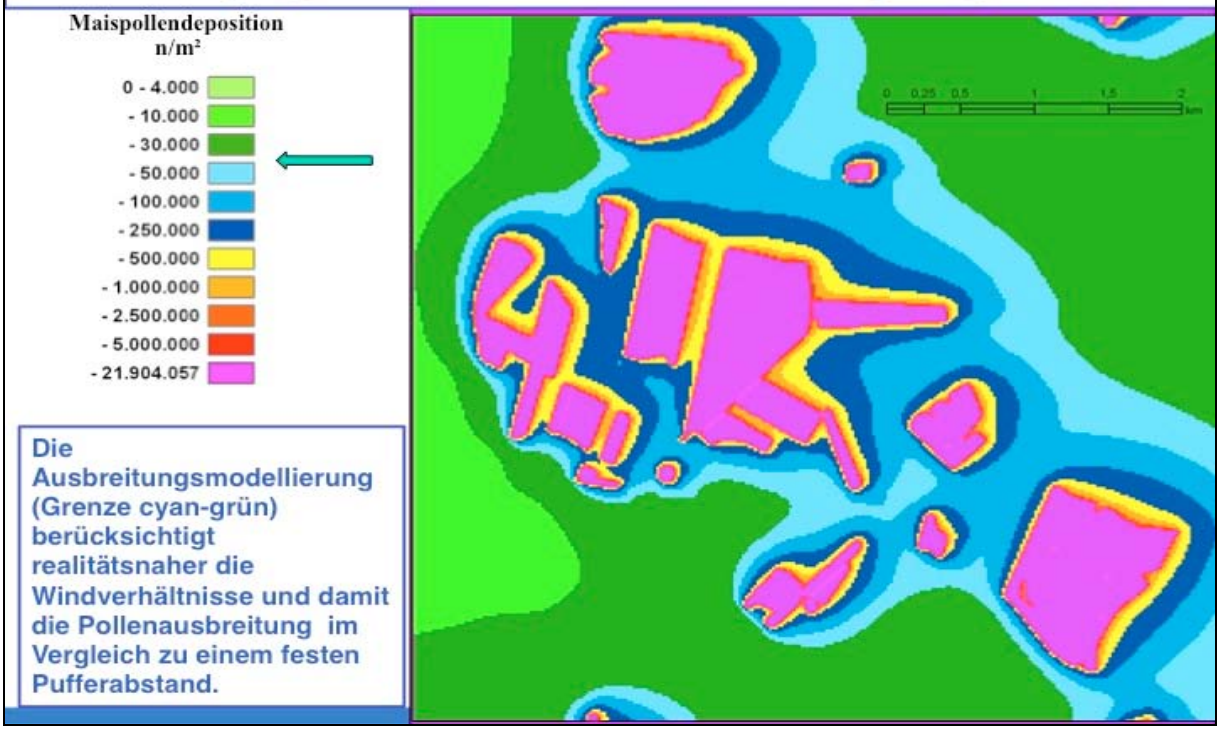
1.000 Meter Abstand

- Die Abstandsregelungen für Schutzgebiete sollen für alle Bundesländer einheitlich geregelt werden
- Voraussetzung: Umsetzung einer Abstandsregelung (bislang nur Sachsen, Bayern, Brandenburg)

Begründung:
Der Gradient ca. 1.000 m wurde über die Ausbreitungs-rechnungen und Freilandmessungen bestätigt

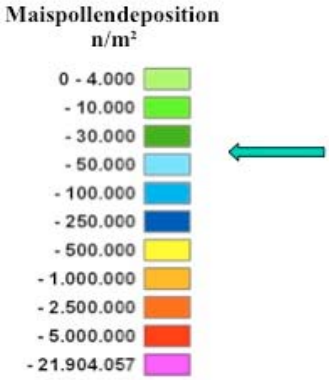
NABU

Anwendung der Ausbreitungsrechnung in der UVP: Berücksichtigung von Windverhältnissen und Überlagerungseffekten



Die Ausbreitungsmodellierung (Grenze cyan-grün) berücksichtigt realitätsnaher die Windverhältnisse und damit die Pollenausbreitung im Vergleich zu einem festen Pufferabstand.

Anwendung der Ausbreitungsrechnung in der UVP:
Berücksichtigung von Windverhältnissen und Überlagerungseffekten

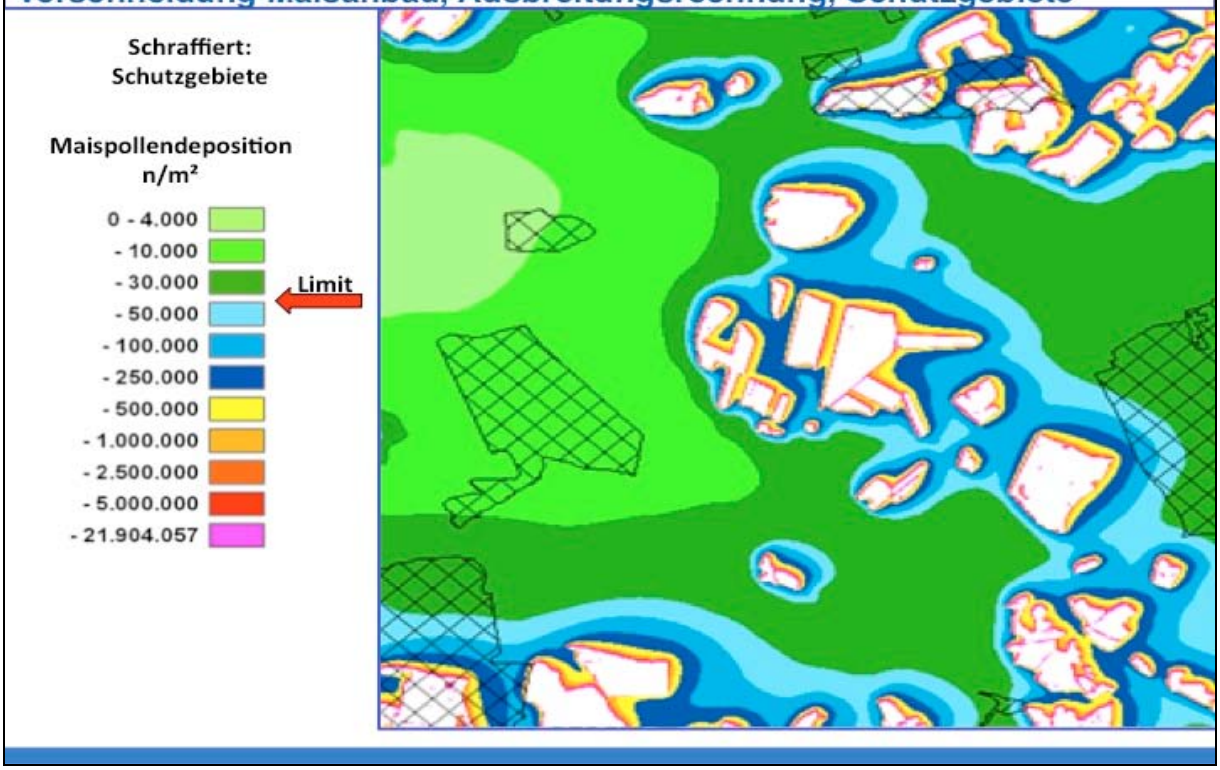


Der 800 m-Pufferabstand in Brandenburg entspricht einer mittleren Pollendeposition von 30.000 n/m² (3 Pollen/cm²). Hierdurch wird erreicht, dass in Gebieten außerhalb (z.B. Schutzgebiete) Pollendepositionen von über 250.000 n/m² (25 n/cm²) mit einer 95%igen Wahrscheinlichkeit vermieden werden können.

Die Ausbreitungsmodellierung (Grenze cyan-grün) berücksichtigt realitätsnaher die Windverhältnisse und damit die Pollenausbreitung im Vergleich zu einem festen Pufferabstand.

NABU

Identifikation von potentiellen Konfliktbereichen:
Verschneidung Maisanbau, Ausbreitungsrechnung, Schutzgebiete



Umgang mit potentiellen Konfliktbereichen:

Mit der Darstellung kann ermittelt werden:

- Potenzielle Konflikte Schutzgebiet - Maisanbau
- Überschneidung gemäß Pollenausbreitungsrechnung von exponierten Bereichen mit Schutzgebieten

Dann kann in der fallspezifische Prüfung (UVP) der Anbau reguliert und über gezielte Freilandmessungen kontrolliert werden.

NABU

Empfehlung 2 (3)

Einzelfallprüfung (UVP)

Erstellung verbindliche Regelungen und Kriterien für die Einzelfallprüfung

Einen Ansatz hierzu bietet die Verwendung von Ausbreitungsrechnungen in Verbindung mit Freilandmessungen analog anderer Regelbereiche wie z.B. der TA-Luft.
Dafür braucht man Modellprojekte (Praxisvorhaben) für die Umsetzung einer UVP mit Hilfe von Ausbreitungsrechnung und Freilandmessungen.

NABU

Weitere Anwendungen der Ausbreitungsrechnung 1 (2):

Ergänzende Risiko-Analysen / Worst-Case-Szenarien

Sensitivitätsanalysen ungünstiger Situationen im Hinblick auf Anbau- und Witterungsbedingungen:

- unterschiedliche Maisanbaudichten
- ungünstige oder seltene Witterungsereignisse (10-Jahres-, 100-Jahresereignisse)

NABU

Weitere Anwendungen der Ausbreitungsrechnung 2 (2):

Optimierung von Messplänen / Freilandmessungen effizienter planen und durchführen

In Kombination mit Ausbreitungsrechnungen lässt sich:

- ein effizienteres Probenahme-Design realisieren
- den Probeaufwand an Freilandmessungen deutlich reduzieren
- die Aussagekraft steigern

Wichtig: Ausbreitungsmodelierung und Freilandmessung sind stets im Zusammenhang zu sehen, d.h. das Eine ersetzt nicht das Andere

NABU

Empfehlung 3 (3): Einführung von Abstandsregelungen für Gewässerökosysteme

Abstandsregelungen für Gewässerökosysteme
zur Reduzierung der Streueinträge
mindestens 50 m bis 100 Meter

.

Durch Drift im Gewässer können flussabwärts gelegene, weiter entfernte Schutzgebiete in erheblichem Maße exponiert werden.

Die Ergebnisse belegen für den Maisstreu-Eintrag einen deutlichen Gradienten bis in den Entfernungsbereich von 100 m, so dass auch hier Abstandsregelungen eine effektive Maßnahme zur Expositionsminderung darstellen.

Empfehlungen

1. **Einführung von Abstandsregelungen**
   Einheitliche Regelung von Abständen zu Schutzgebieten
   1.000 Meter Abstand
2. **Einzelfallprüfung (UVP)**
   Erstellung verbindliche Regelungen und Kriterien für die Einzelfallprüfung

3. **Einführung von** Abstandsregelungen für Gewässerökosysteme
   von **mindestens 50 m bis 100 Meter**

Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!
Dr. Steffi Ober
Referentin für Nachhaltige Forschungspolitik
Charitestraße 3
10117 Berlin
030 284984 1612
Steffi.Ober@NABU.de
www.NABU.de/Gentechnik
22

Anhang

Handlungsempfehlungen für den Naturschutz – Hintergrund für die praxisorientierten Schlussfolgerungen aus dem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

Steffi Ober[1], Frieder Hofmann[2,3], Ulrich Schlechtriemen[2,4], Ulrike Kuhn[2,5], Ulf Janicke[6], Lutz Janicke[6], Klaus-Peter Wittich[7], Berry Boessenkool[8], Boris Schröder[8], Rudolf Vögel[9], Jörg Peil[9]

[1] NABU, Berlin
[2] TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Northeim/Bremen
[3] Ökologiebüro, Bremen
[4] Sachverständigenbüro, Northeim
[5] Büro Kuhn, Bremen
[6] Ing.-Büro Janicke, Überlingen (Abschnitte 4.2.1, 4.2.2)
[7] Zentrum für Agrarmeteorologische Forschung, DWD, Braunschweig
[8] Institut für Geowissenschaften und Umweltforschung, Universität Potsdam
[9] LUGV Brandenburg, Eberswalde/Angermünde

1 Einleitung

Das Bund-Länder-Forschungsvorhaben zur Exposition der Umwelt durch den *Bt*-Maisanbau war bewusst praxisorientiert angelegt. Die wissenschaftlichen Ergebnisse des F&E-Vorhabens wurden in den voranstehenden Vorträgen in Kurzform präsentiert, eine ausführliche Publikation erfolgt in einem gesonderten Texteband des Bundesamts für Naturschutz (BfN). Der abschließende Vortrag (S. Ober) präsentierte in Kurzform Schlussfolgerungen und Empfehlungen aus dem Vorhaben für die Regelungspraxis von GVO-Anbau in Koexistenz zum Naturschutz. ‚Deren Grundlagen werden im folgenden Beitrag weiter ausgeführt.

2 Übersicht über aktuelle und potentielle GVO für den Anbau in Deutschland und in der EU

Obwohl seit dem Jahr 2009 die Zulassung von MON810 Mais in Deutschland ausgesetzt ist, muss in Zukunft mit vermehrtem gv-Mais Anbau gerechnet werden. Der Anbau von *Bt*-Mais, der im Jahr 1998 in der EU eine Zulassung zum Anbau erhielt, verlief in der EU insgesamt auf niedrigem Niveau (weniger als ein Prozent der Gesamtanbaufläche)[1]. Der Anbau konzentrierte sich auf einige wenige Länder wie Spanien, Portugal und Tschechien, dort wurden in einigen Regionen, insbesondere Spaniens, durchaus höhere Anteile von 30 % der Anbaufläche erreicht. In Deutschland wurde MON810 in den Jahren 2005 bis 2008 angebaut. Die gv-Kartoffel Amflora (BASF) erhielt im Jahr 2010 eine Zulassung zum allgemeinen Anbau in der EU und wurde in den Jahren 2010 und 2011 auf kleinen Flächen auch in Deutschland angebaut. Sie erfuhr jedoch nur eine geringe Akzeptanz, so dass BASF im Jahr 2012 den Anbau eingestellt hat.

MON810 Mais ist nicht der einzige insektenresistente Mais, der für den Anbau in der EU vorgesehen ist. In der Tat stehen die Anbauentscheidungen über eine ganze Reihe von *Bt*-Mais Events an (z. B. MON88017; MON8903; Event 1507 sowie diverse Kreuzungsprodukte). Hierbei sind mehrere Toxine aus dem Bodenbakterium *Bacillus thuringiensis* (sogenannte *Bt*-Toxine) für die Verwendung in gentechnisch veränderten Pflanzen zugelassen. Durch Kreuzung verschiedener gentechnisch veränderter Pflanzen werden neue Kombinationspflanzen hergestellt, die mehrere *Bt*-Toxine oder Kombinationen von Insekten- und Herbizidresistenz enthalten. Diese sogenannten „Stacked Events“ sind

1 http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/19088.htm

jedoch unzureichend hinsichtlich ihrer Umweltfolgen geprüft. Als Grundlage geht man davon aus, dass sich die Eigenschaften der Einzelevents addieren. Wenn die Einzelevents sicher sind, wird ein geringeres Risiko bei den Stacked Events unterstellt. Allerdings variieren die tatsächlichen Toxingehalte der *Bt*-Pflanzen unter verschiedenen Umwelt- und Anbaubedingungen. Über exakte Gehalte in den verschiedenen Kombinationen und deren tatsächliche Wirkungen ist wenig bekannt (Kleter et al. 2011).

Neben Mais befinden sich weitere Pflanzen im letzten Schritt des EU-Zulassungsverfahrens für den kommerziellen Anbau: Hierzu zählen gentechnisch veränderte Baumwolle (GHB614), Zuckerrübe (H7) sowie Soja (RR), jeweils mit Herbizidresistenz.

Weitaus mehr GVO befinden sich in den ersten Stufen des Zulassungsverfahrens, z. T. mit bereits erfolgten begrenzten Freilassungsversuchen nach Part B der EU-Richtlinie 2001/18/EG. Hierunter befinden sich GVO mit zahlreichen verschiedenen Eigenschaften, z. B. Bäume mit verändertem Celullose/Lignin-Verhältnis für die Papiergewinnung, Pflanzen zur Stoffproduktion wie Hormone, Vitamine, Spinnenseide, Pflanzen mit höherer Toleranz gegenüber Salz, Trockenheit, Frost etc.. Für die meisten wird eine nahe Zulassung in der EU auf Grund von Risiken derzeit als unwahrscheinlich gehalten, jedoch ist außerhalb der EU mit einem Anbau zu rechnen bzw. findet dieser bereits statt. Nach einer Studie des Joint Research Centers der EU-Kommission (JRC) befinden sich weltweit ca. 150 GVO in der Entwicklung mit potentieller Bedeutung für die EU (Lheureux et al. 2003).

3 Regulierungsansatz „Abstandsregelung“

Nach erfolgter EU-Zulassung zum allgemeinen, kommerziellen Anbau gelten nach deutschem GenTG die rechtlichen Möglichkeiten für Einschränkungen des Anbaus oder Verbote auf nationaler und auch regionaler Ebene als äußerst begrenzt. Einige Mitgliedsstaaten, wie z. B. Österreich, beanspruchen jedoch weitreichendere Regelungskompetenz mit Beschränkungen bis hin zu Verboten auf regionaler und nationaler Ebene. Auf EU-Ebene finden seit geraumer Zeit Verhandlungen statt um das EU-weite Zulassungsverfahren zu erleichtern und den einzelnen Staaten mehr Kompetenzen einzuräumen. So soll der Anbau von GVO in einzelnen Mitgliedsstaaten ermöglicht werden, wenn andere für sich Beschränkungen vorgeben können.

In Deutschland wurden in der Gentechnikpflanzenerzeugungsverordnung (GenTPflEV) zur Regelung der Koexistenz beim Anbau von *Bt*-Mais Abstände von 150 m zum konventionellen Maisanbau und 300 m zum ökologischen Anbau von Mais festgelegt. Allerdings finden sich weder im GenTG, in der GenTPflEV noch in anderen bundesweiten Regelungen Abstandsvorgaben für den Naturschutz. Dabei wirkt das *Bt*-Toxin nicht ausschließlich auf den zu bekämpfenden Schadorganismus, sondern auch auf andere Nicht-Ziel-Organismen, insbesondere andere Schmetterlingsarten, schädigend. Mit dem Anbau von *Bt*-Mais in der unmittelbaren Umgebung von Naturschutzgebieten ergaben sich zunehmend Konflikte mit den zuständigen Naturschutzbehörden, die u. a. zu gerichtlichen Auseinandersetzungen in mehreren Bundesländern führten, wie z.B. im FFH/NSG Ruhlsdorfer Bruch in Brandenburg. Die Untere Naturschutzbehörde hatte einen Pufferabstand von 150 m um das Schutzgebiet verfügt, den der Landwirt jedoch nicht einhielt.

Wie Willand & Buchholz (2009) ausführen, lässt das Gentechnikrecht durchaus „die Möglichkeit zu, den Einsatz von GVO

innerhalb von Schutzgebieten ebenso zu verbieten wie den Einsatz von Pflanzenschutz- oder Düngemitteln. Hierzu kann es verhältnismäßig sein, auch in weiteren Schutzzonen großräumig den Anbau von GVO zu verbieten oder zu beschränken. Das Verbot muss sich jedoch einfügen in die generelle Regelung des jeweiligen Schutzgebietes.“ Diese Möglichkeit wurde in einigen Bundesländern bereits wahrgenommen.

Abstandsregelungen sind ein im Umweltbereich gängiges und bewährtes Verfahren zur Minimierung von Umweltbelastungen. Sie beruhen auf dem Prinzip, dass über einen Abstandspuffer die Exposition von Schadeinflüssen reduziert wird und damit verknüpfte schädliche Wirkungen gemindert werden. Beispiele für Bereiche mit Abstandsregelungen sind: Ammoniakemission aus Tierhaltungen als Geruchsbelästigung und als Beeinträchtigung für empfindliche Pflanzen und Ökosysteme (BImSchG, TA Luft, GIRL, Critical Levels & Loads), Funkwellen (BEMV, 26. BImSchV), radioaktive bzw. ionisierende Strahlung (StrlSchV), Lärm und Schattenwurf bei Windkraftanlagen (UVPG, BImSchG), Gewässerrandstreifen zum Schutz vor Pestizid- und Düngemitteleinträgen aus der Landwirtschaft (WHG, PSM-RL 2009/128/EG, PflSchG, DüngeV, §61 BNatSchG).

Abstandsregelungen gelten als administrativ relativ einfach umzusetzen. Zudem lassen sich Kontroll- und Effizienzmessungen auf der Ebene der Exposition in der Regel einfacher, eindeutiger und zeitnaher durchführen als auf der Ebene biologischer und ökologischer Wirkungen. Letztere sind auf Grund der vielfachen Beeinflussung auch durch andere Umweltfaktoren mit erheblichen Schwankungen in den messbaren Größen verbunden. Es wären umfangreichere und langjährige Zeitreihen erforderlich, um Effekte überhaupt prüfen zu können.

Ein wesentlicher Punkt in der Auseinandersetzung zum beabsichtigten *Bt*-Maisanbau am NSG Ruhlsdorfer Bruch 2007 war die Frage, wie weit Maispollen mit dem Wind verdriftet werden. Der Anbauer behauptete, Maispollen würden auf Grund ihrer Größe und Schwere nicht über die Anbaufläche hinaus verbreitet, mögliche Wirkungen außerhalb des Feldes bestünden damit nicht. Eine Exposition oder schädigende Wirkung auf geschützte Schmetterlinge wäre also nicht gegeben.

Ergebnisse aus wissenschaftlichen Untersuchungen zum Maispollenflug zeigten jedoch, dass erhebliche Maispollenmengen per Wind bis in den Kilometer-Bereich verfrachtet werden können, der Maispolleneintrag mit der Entfernung abnimmt und der Gradient statistisch signifikant über eine Regressionsbeziehung beschreibbar ist (Hofmann 2007). In einer gerichtlichen Vorentscheidung zum oben geschilderten Fall unterlag der Landwirt und musste vor Blühbeginn die *Bt*-Maisbestände innerhalb eines Pufferbereiches von 150 m räumen (VG Frankfurt/Oder 13.7.2007).

Das Land Brandenburg veranlasste daraufhin Untersuchungen zur Maispollenexposition aus dem *Bt*-Maisanbau im Bereich des FFH/NSG-Gebietes „Ruhlsdorfer Bruch“ in Brandenburg über die Jahre 2007 und 2008. Die Ergebnisse belegten, dass Maispollen aus dem umgebenden *Bt*-Maisanbau sowie das darin enthaltene *Bt*-Toxin in erheblichen Mengen bis mitten in das Schutzgebiet hinein verfrachtet werden und somit eine Exposition der vorkommenden, sensiblen und geschützten Schmetterlingspopulationen mit potentiell negativen Wirkungen nicht ausgeschlossen werden konnte (Ober et al. 2008, Hofmann et al. 2009b, Hofmann et al. 2010).

Die ungeregelte Koexistenz von *Bt*-Maisanbau und Naturschutz stellt eine unbefriedigende Situation für alle Seiten dar, da weder

Rechts- noch Planungssicherheit besteht und eine unkalkulierbare Zahl an gerichtsanhängigen Streitfällen zu befürchten ist. In Brandenburg wurde daher in Verhandlungen zwischen Landwirtschaft und Naturschutz ein tragfähiger Kompromiss gesucht. Dieser mündete in einen Ministerialerlass im Jahr 2008 (Erlass Brandenburg 2008). In diesem Erlass wurde ein Pufferabstand von 800 m zu sensiblen Naturschutzgebieten (FFH, NSG) festgelegt. Der Erlass stützt sich auf wissenschaftliche Ergebnisse zum Pollenflug und folgt dem Vorsorgeprinzip. Die Regelung beinhaltet, dass *Bt*-Maisanbau außerhalb der Pufferzone gestattet ist. Möchte ein Landwirt dichter als 800 Meter am Schutzgebiet anbauen, so ist hierzu vorab eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) erforderlich.

Der Rat von Sachverständigen für Umwelt griff in seinem Gutachten (SRU 2009) das Thema auf und empfahl seinerseits ebenfalls Pufferzonen um Schutzgebiete von 1.000 m. Das Bundes-Naturschutzgesetz wurde um den § 4a ergänzt, der eine Prüfdistanz von 1.000 m zu Natura 2000 / FFH - Schutzgebieten festlegte.

Die Ergebnisse aus dem aktuellen Forschungsvorhaben zur Validierung der Ausbreitungsrechnung mit Freilandmessungen zum Pollenflug bestätigten die oben erwähnte Regressionsbeziehung und damit die Grundlage zur Festlegung der getroffenen Abstandsregelung (siehe Vorträge Hofmann und Janicke).

Festgelegte Pufferzonen, die mit möglichen Einschränkungen verbunden sind, lassen sich mit einem geografischen Informationssystem (GIS) kartografisch ausweisen (siehe Abb. 1 und 2) und über das landeseigene Portal im Web für jeden einsichtig darstellen. Mit dem pragmatischen und effizienten Ansatz der Abstandsregelung lässt sich somit Transparenz und Planungssicherheit auf allen Seiten gewährleisten.

Die in Brandenburg im Jahr 2008 eingeführte Abstandsregelung gilt nicht bundesweit. Sie wurde nur von einigen Bundesländern, wie z. B. Bayern und Sachsen mit je 1.000 m aufgegriffen[2]. Andere Bundesländer beraten über eine Einführung von Abständen, wobei unterschiedliche Distanzen im Gespräch sind. Andere wiederum stehen abwartend bis ablehnend Abstandsregelungen gegenüber. Notwendig wäre, dass sich die Länder frühzeitig Gedanken zu Pufferabständen machen, damit die Einführung und Umsetzung einer Abstandsregelung oder entsprechender Schutzmaßnahmen nicht unter Zeitdruck bei entsprechenden Neuzulassungen erfolgen muss.

Unsere erste von drei praxisorientierten Empfehlungen lautet daher:

Zeitnahe, bundesweit harmonisierte Umsetzung einer Abstandsregelung von 1.000 m zu Schutzgebieten.

Eine Abstandsregelung, die auf Expositionsebene ansetzt, weist für die Regelungspraxis den Vorteil auf, dass sich diese über Kontrollmessungen mit standardisierten Verfahren überprüfen und gegebenenfalls – auch an regionale Besonderheiten – anpassen lässt.

2 Mit Maisfelder sind in dem Rechenbeispiel die *Bt*-Maisfelder gemeint. Die Berechnungen können bei Bedarf auch für konventionelle und andere gv-Maisfelder vorgenommen werden.

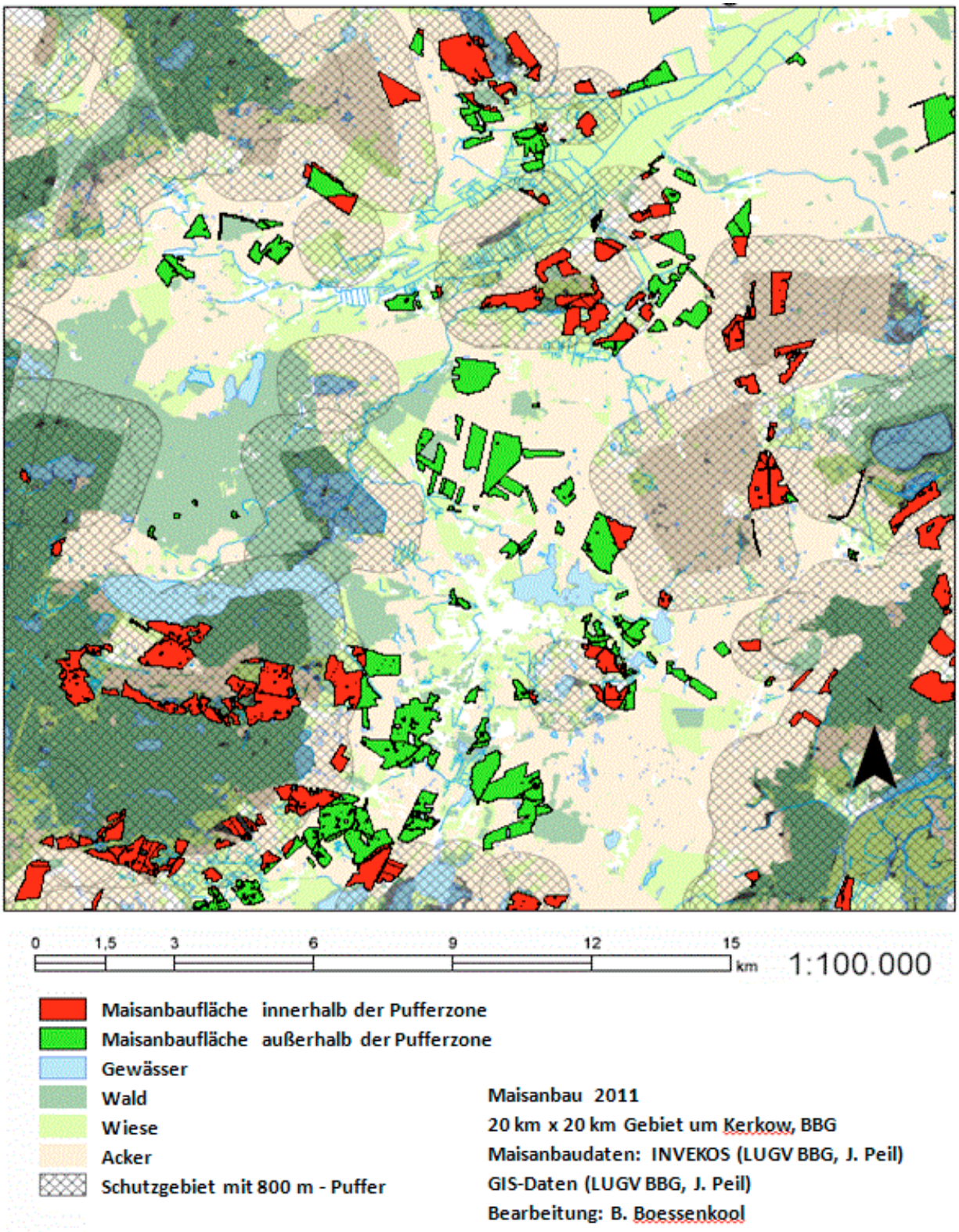


Abb. 1: Darstellung der Abstandsregelung mit einer festen Pufferzone von 800 m um die Schutzgebiete und Überlappung mit Maisanbau für das Jahr 2011 im GIS für einen 20 km x 20 km Ausschnitt im Untersuchungsraum Angermünde (Grafik: Boessenkool).

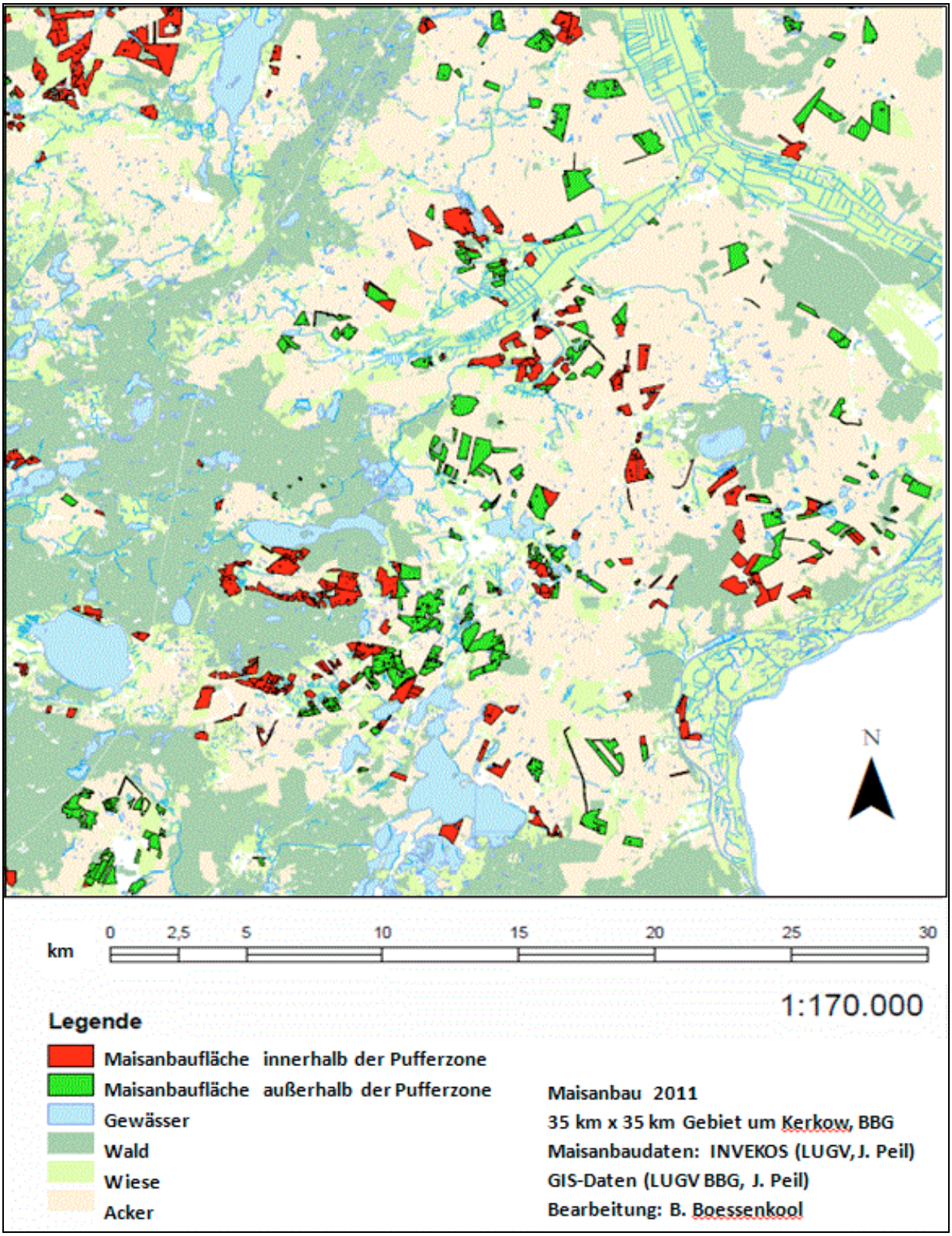


Abb. 2: Darstellung der Abstandsregelung für das gesamte 30 km x 30 km Untersuchungsgebiet mit den Maisflächen außerhalb und innerhalb der festen Pufferzone von 800 m um die Schutzgebiete für das Jahr 2011 im GIS (Grafik: Boessenkool).

4 Vereinfachte Umsetzung der Ausbreitungsrechnung im GIS (TAFF) als technische Voraussetzung für die Anwendung in der behördlichen Regelungspraxis

Mit den Untersuchungen und Vergleichen zu den Messkampagnen in den Jahren 2010 bis 2012 bei Angermünde ist ein Standardverfahren zur Durchführung von Ausbreitungsrechnungen für Maispollen validiert worden. Für eine behördliche Anwendung in der Regelung des *Bt*-Maisanbaus und allgemein des GVO-Anbaus stellt sich allerdings das Problem, dass auf Grund der sehr kurzen Fristen zwischen Anmeldung und Anbau (und damit für behördliche Entscheidungen) sowie möglicher Nach- und Ummeldungen bis kurz vor dem Ausbringen der Saat eine Vorprüfung über komplexe Ausbreitungsrechnungen, ob intern oder extern durchgeführt, nicht möglich wäre.

Ein für eine einfache Umsetzung der Ausbreitungsrechnung geeignetes Instrument stellt ein Geografisches Informationssystem (GIS) dar, das zudem von den Landesbehörden in Brandenburg bereits für die Darstellung der 800 Meter Pufferzonen um sensible Schutzgebiete zur transparenten Darstellung für Betroffene und der Öffentlichkeit genutzt wurde.

4.1 Aufgabenstellung und Vorgehensweise

Eine direkte Umsetzung der Ausbreitungsrechnungen im GIS ist auf Grund der andersartigen Programmstrukturen, der komplexen Algorithmen, der Vielzahl der möglichen Felder, die auf Grund der Überlagerungseffekte zu berücksichtigen sind, sowie der benötigten meteorologischen Daten nicht praktikabel. Deshalb wurde eine vereinfachte Umsetzung der Ausbreitungsrechnung im GIS über das sogenannte TAFF-Verfahren mit den dafür erforderlichen Programmroutinen in Java entwickelt (Abb. 3, siehe auch Vortrag Janicke). Damit konnte eine Anwendung der Ausbreitungsrechnung unter Berücksichtigung von beliebig vielen Anbauflächen und der Meteorologie auch für größere Gebiete und Regionen erreicht werden.

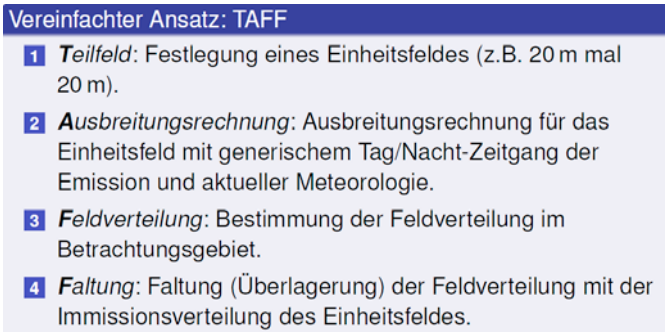


Abb. 3: Der vereinfachte Ansatz TAFF für die Übertragung der Ausbreitungsrechnung ins GIS (Grafik: Janicke).

4.2 Das TAFF-Verfahren

Wenn Meteorologie und tägliche Pollenfreisetzung nicht oder nur schwach korreliert sind, wie es im Jahr 2011 in Angermünde der Fall war, kann für die Maisfelder in guter Näherung eine über die Blühperiode konstante Tagesemission angesetzt werden (unter Berücksichtigung eines einfachen Tagesganges).

Diese Vereinfachung erlaubt es, die Pollenimmission in einem großen Gebiet mit hoher räumlicher Auflösung unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten aus beliebig vielen Maisfeldern zu bestimmen, indem die räumliche Verteilung der Pollenimmission ausgehend von einem kleinen Einheitsfeld mittels dem Ausbreitungsmodell über die Gesamtfläche berechnet, und dann mit der tatsächlichen Verteilung der Maisfelder im Betrachtungsgebiet gefaltet wird.[1] Weitere Voraussetzungen für dieses Verfahren sind, dass die Felder eine ähnliche Freisetzungsmenge pro Quadratmeter

1 Es wurde in dem Beispiel die derzeitige Abstandsregelung in Brandenburg von 800 m verwendet. Unsere Empfehlung ist ein allgemeiner Abstand von 1.000 m in allen Bundesländern.

aufweisen und dass topographische Strukturen für die Ausbreitung keine wesentliche Rolle spielen.

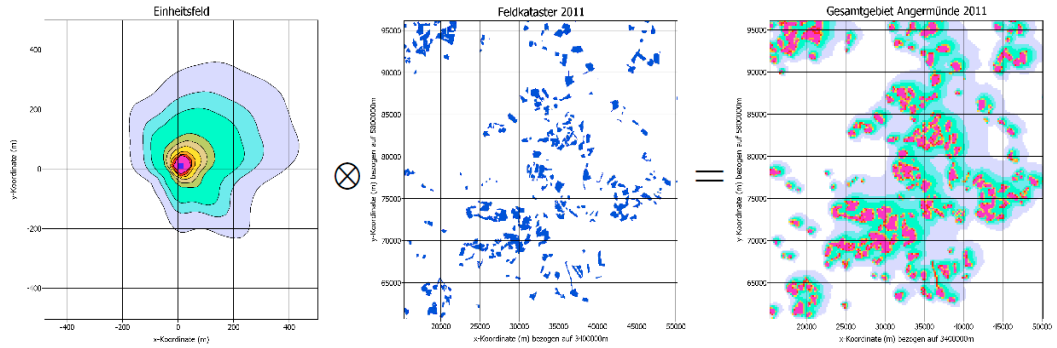
Das Vorgehen im TAFF-Verfahren wird beispielhaft in Abb. 4 veranschaulicht. Das TAFF-Verfahren wurde in den Freilandversuchen des Jahres 2011 im Raum Angermünde positiv validiert.

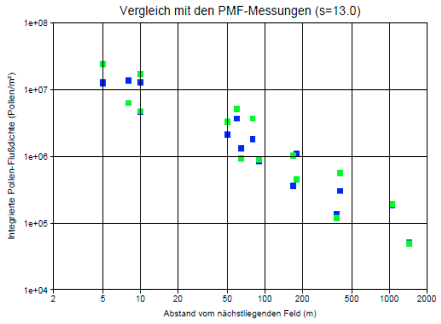
Der Untersuchungsraum umfasst das Gebiet für das Immissionsprognosen erstellt werden sollen, zuzüglich eines 5 km-Randbereichs. In unserem Fall ist das ein Gebiet der Größe 35 km x 35 km um Angermünde. Der Untersuchungsraum wird in einem Schritt untergliedert in ein Raster mit Einheitsfeldern, hier mit 20 m x 20 m Größe. Im zweiten Schritt wird für ein Einheitsfeld mit Maisanbau die räumliche Verteilung der Maispollen-Immission über das Ausbreitungsmodell LASAT für das Gesamtgebiet berechnet. Im dritten Schritt wird die Feldverteilung ermittelt, in dem für jedes Rasterfeld im Untersuchungsgebiet geprüft wird, ob dort Mais angebaut wird oder nicht. Im vierten Schritt erfolgt die Berechnung der überlagerten Immissionsverteilung (Faltung), in dem über jedes Rasterfeld mit Maisanbau die entsprechende Ausbreitungsrechnung des Einheitsfeldes zentriert gelegt wird und schließlich für jedes Rasterfeld die überlagerten Immissionsbeiträge addiert werden.

4.2.1 Berechnungsschema

Das Einheitsfeld wurde mit einer horizontalen Ausdehnung von 20 m x 20 m (genordet) vorgegeben. Entsprechend den vorangegangenen Untersuchungen wurden folgende Standardannahmen getroffen:

- Effektive Vertikalausdehnung 0,5 m bis 1 m über Grund (zur Berücksichtigung der Überströmung des Maisfeldes).





Übereinstimmung mit den Messungen für Angermünde 2011.

Voraussetzungen:

- Ähnlicher Freisetzungsmenge pro Quadratmeter für alle Felder.
- Geringe feldspezifische Korrelation zwischen Emission und Meteorologie.
- Geringe Geländeeffekte.

Abb. 4: Schematische Darstellung des TAFF-Verfahrens. (Grafik: Janicke)

- Mittlere Rauhigkeitslänge 0,2 m.
- Effektive Verdrängungshöhe 0 m.
- Meteorologische Daten im Format AKTerm (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Stabilitätsklasse nach Klug/Manier als Stundenmittel).
- Effektive Anemometerhöhe gemäß AK-Term-Vorgabe.
- Standardgrenzschichtmodell 2.1 von LASAT mit $\beta = 2$ (erhöhte Turbulenz im unteren Höhenbereich).
- Sedimentationsgeschwindigkeit der Pollen 21 cm/s.
- Depositionswahrscheinlichkeit (trockene Deposition) der Pollen 100 % (wenn ein Partikel den Grund berührt, wird seine Masse dort vollständig abgelagert).
- Emissionsrate 13 Pollen pro Sekunde und Quadratmeter bei Tag (4:00 bis 16:00 MEZ) und 13/5 Pollen pro Sekunde und Quadratmeter sonst, für alle Felder über den Blühzeitraum gleich annehmend.
- Rechennetz mit einem üblichen Standardraster in der Vertikalen (unterstes Mittelungsintervall 0 m bis 3 m über Grund).
- Einbeziehung der Felder in einem ca. 5 km breiten Randbereich über das eigentliche Untersuchungsgebiet für das die Immissionsprognose erstellt wird hinaus, zur Berücksichtigung von Überlagerungseffekten am Rand.

Horizontal wurden drei geschachtelte Netze verwendet mit einer Maschenweite von 20 m für das feinste Netz, so dass das Einheitsfeld gerade eine horizontale Gittermasche ausfüllt. Das gröbste Netz mit einer Maschenweite von 80 m erstreckte sich bis in eine Entfernung von mindestens 12 km vom Feld.

Die Immission der Maispollen (Depositionsfluss und bodennahe Konzentration) wurde vom Ausbreitungsmodell LASAT für jedes Rechennetz berechnet, die Ergebnisse danach auf ein Netz mit Maschenweite 20 m und Ausdehnung 24 km mal 24 km projiziert. In der Ausbreitungsrechnung wurde die aktuelle Meteorologie für die Blühperiode 2011 in Angermünde berücksichtigt (AKTerm des DWD).

Die Verteilung der aktiven Maisfelder in einem Gebiet von 35 km x 35 km um Angermünde wurde als Raster mit einer horizontalen Auflösung von ebenfalls 20 m vorgegeben. Jede Rasterzelle, die einem Maisfeld zugeordnet ist, liefert eine Immissionsverteilung, die (bis auf die absolute Lage) gleich der des Einheitsfeldes ist. Die Gesamtimmission in dem Gebiet von 30 km mal 30 km ergibt sich aus der Überlagerung dieser Immissionsverteilungen.

Mathematisch entspricht das der Faltung der Immissionsverteilung des Einheitsfeldes mit der Feldverteilung. Da beide Verteilungen auf demselben Gitter vorliegen, gestaltet sich die Faltung besonders einfach und wurde mit einem eigens entwickelten JAVA-Programm durchgeführt. Tests haben gezeigt, dass die Immission eines Einheitsfeldes mindestens bis in eine Entfernung von etwa 10 km berücksichtigt werden sollte, um für Aufpunkte die weiter entfernt von einem Feldrand sind, die relevanten Einzelbeiträge zu erfassen. Das bedeutet auch, dass im Randbereich des betrachteten Gebietes die ermittelten Immissionen für größere Abstände zum nächstliegenden Feld zunehmend unsicher werden, da hier Beiträge von Feldern außerhalb des Gebietes einen Einfluss haben könnten. Daher sind auch die Felder in einem ca. 5 km breiten Randbereich außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes, hier 30 km x 30 km, für das die Immissionsprognosen ermittelt werden sollen, zu berücksichtigen, so dass sich daraus ein 35 km mal 35 km Gebiet als Grundlage der Feldverteilung und Berechnungen ergibt.

4.2.2 Beispielrechnung

Abb. 5 zeigt die Lage der als emittierend angenommenen Maisfelder in dem betrach-

Abb. 5: Verteilung der Maisfelder im Untersuchungsgebiet 35 km x 35 km in 2011, rechts Ausschnitt mit Rasterung der Felder (Grafik: Janicke).

teten Gebiet für das Jahr 2011 sowie einen Ausschnitt davon. Die Koordinaten beziehen sich auf den Referenzpunkt (UTM-Streifen 33) 3.400.000 m / 5.800.000 m.

Abb. 6 zeigt die Immissionsverteilung (über die Blühperiode gemittelter Depositionsfluss) für das Einheitsfeld (Ausschnitt).

Abb. 7 schließlich zeigt die durch Faltung ermittelte Immissionsverteilung im Gesamtgebiet, einmal mit einer Auflösung von 200 m und einmal für den kleineren Ausschnitt mit einer Auflösung von 20 m.

Aus dem über die Blühperiode gemittelten Depositionsfluss (Pollen pro Quadratmeter und Sekunde) kann die Pollendeposition durch Multiplikation mit der Zeitdauer der Blühperiode (hier 33 Tage) bestimmt werden. Die so ermittelte, räumlich fein aufgelöste Verteilung der Pollendeposition kann dann mit Ergebnissen aus Freilandmessungen mit dem standardisierten Verfahren des PMF (VDI 4330 Bl. 3) verglichen werden und zur räumlichen Umsetzung von Sicherheitsabständen entsprechend festgelegter Obergrenzen tolerierbarer Pollenimmissionen herangezogen werden.

4.3 Bewertung

Mit dem TAFF-Verfahren wurde ein Standardverfahren für die behördliche Praxis entwickelt und validiert, mit dem die räumliche Verteilung der Pollenimmission unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten für beliebig viele Felder in einem größeren Gebiet mit hoher räumlicher Auflösung im GIS abgeschätzt werden kann. Erforderlich ist eine einmalig durchzuführende Modell-Ausbreitungsrechnung für ein Einheitsfeld, alle anderen Berechnungen können im GIS, d.h. auch seitens der Behörde selbst, in kurzen Rechenzeiten durchgeführt werden.

Eingangsgrößen sind die räumliche Verteilung der in der betrachteten Blühperiode

emittierenden Maisfelder, die meteorologische Zeitreihe für das Gebiet (vorzugsweise eine AKTerm) und der Zeitraum der Blühperiode, sowie Standardannahmen.

Das Verfahren setzt voraus, dass der über die Felder gemittelte Blühverlauf über die Tage keine besondere Korrelation mit der Meteorologie (insbesondere der Windrichtungsverteilung) aufweist, dass alle Felder eine ähnliche Freisetzungsmenge pro Quadratmeter besitzen und dass topographische Effekte keine wesentliche Rolle spielen. Andernfalls sind mögliche Effekte abzuschätzen.

Das Verfahren kann konsistent in eine detailliertere Betrachtung überführt werden, beispielsweise durch die Modellierung eines Einzelfeldes, die Vorgabe von expliziten Zeitgängen für Gruppen von Feldern oder die Vorgabe von expliziten Emissionsraten einzelner Felder.

Konservative Annahmen können durch die angesetzte Emissionsrate (z.B. als Faktor im Endergebnis) und, je nach Lage der Felder und der relevanten Aufpunkte, über die Auswahl einer meteorologischen Zeitreihe eingeführt werden.

Für die Risikobewertung von *Bt*-Mais ist die räumliche und zeitliche Verteilung der Maispollen-Immission über den Blühzeitraum in der Region von Belang. Während die Pollenkonzentration bei allergologischen Aspekten im Vordergrund steht (Atemvolumen), spielen im Bereich GVO vor allem die Menge an Pollen, die per Wind am Standort als Reaktionspartner zur Verfügung steht, z.B. für Auskreuzungen (horizontaler Fluss) sowie die Menge an Pollen, die auf einer Akzeptoroberfläche abgelegt wird (Deposition), z.B. einer Blattoberfläche, eine Rolle. Letztere ist relevant für Wirkungen auf Nichtzielorganismen. Da die Deposition definitionsgemäß von den Akzeptoreigenschaften abhängig ist, erfolgt die Ermittlung unter Standardannahmen (z. B. inerte Oberfläche oder virtueller Akzeptor), da ansonsten die Vergleichbarkeit der Daten nicht gegeben ist.

Die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Aussagen aus der Ausbreitungsrechnung sind abhängig von den zur Verfügung stehenden Eingangsdaten und der Allgemeingültigkeit der Kalibrierung. Es muss davon ausgegangen werden, dass bei Regelanwendungen nicht immer alle Eingangsdaten in der benötigten räumlichen und zeitlichen Auflösung vorhanden sind oder alle Bedingungen gelten, z. B. zu feldspezifischen Emissionsraten im Untersuchungsraum. Dies führt zu Ungenauigkeiten, die nur über entsprechende Freilandmessungen prüfbar sind. Beim derzeitigen Kenntnisstand sind Ausbreitungsrechnung und Freilandmessung daher stets in Zusammenhang zu sehen.

Für die Freilandmessungen stehen bereits standardisierte Verfahren zur Verfügung, die über das Vorhaben in Bezug zur Ausbreitungsrechnung gesetzt wurden. Die räumliche Verteilung der Maispollenimmission mit den Ausbreitungsgradienten lässt sich effizient mit dem nach VDI-Richtlinie 3440 Bl. 3 (2007) standardisierten Verfahren des PMF prüfen. Die Erfassung des zeitlichen Verlaufs der Pollenimmission ist punktuell an ausgewählten Standorten mit angemessenem Aufwand realisierbar, da dies eine entsprechend aufwändigere Messtechnik erfordert. Geeignete Verfahren sind in dem Beitrag von Hofmann aufgeführt.

Die Vorteile des beschriebenen TAFF-Verfahrens liegen in der geringen Zahl benötigter Eingangsdaten (Feldverteilung und Meteorologie über den Blühzeitraum), in der Abbildung der aktuellen meteorologischen Verhältnisse und der Feldverteilung sowie in der Berücksichtigung der Beiträge weiterer, benachbarter und auch entfernter Emitten-

ten. Es ist als Standardverfahren einsetzbar und erlaubt eine Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse. Die Ausbreitungsrechnung stellt daher eine Ergänzung zu einer einfachen, aber pauschalen Abstandsregelung dar.

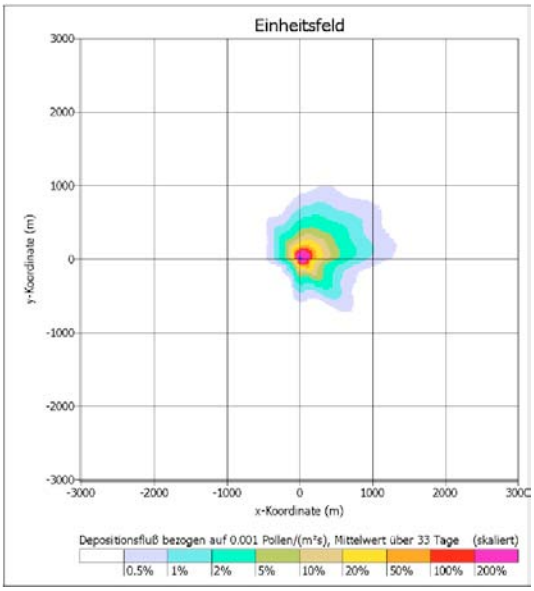


Abb. 6: Ausbreitungsrechnung der Pollen-Immission für Einheitsfeld 20 m x 20 m (Grafik: Janicke)

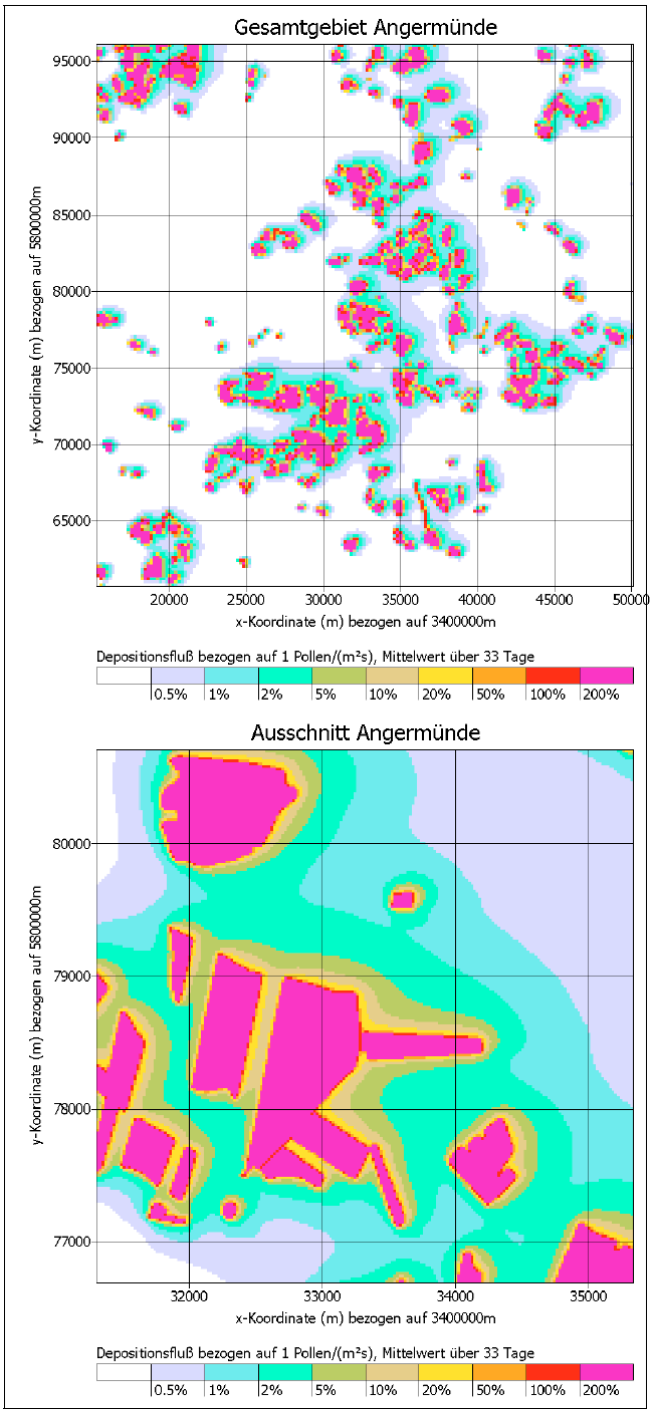


Abb. 7: Räumliche Verteilung der berechneten Maispollen-Immission (Deposition) für alle Felder. Oben: Gesamtgebiet. Unten: Ausschnitt. (Grafik: Janicke)

5 Anwendung von Ausbreitungsrechnungen für die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

Die geltende Abstandsregelung in Brandenburg sieht vor, dass für einen *Bt*-Maisanbau aus Vorsorge ein Pufferabstand von 800 m zu sensiblen Naturschutzgebieten einzuhalten ist. Außerhalb dieses Pufferbereiches ist für *Bt*-Mais-Sorten, die für den allgemeinen Anbau zugelassen sind, ein Anbau ohne weitere Zusatzprüfungen zulässig. Der Pufferabstand stellt jedoch keine Verbotszone dar. Möchte ein Landwirt *Bt*-Mais innerhalb der Pufferzone anbauen und damit den Sicherheitsabstand unterschreiten, so ist das grundsätzlich möglich. Allerdings wird in diesem Falle eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gefordert, die vom Landwirt zu veranlassen ist. Dies entspricht soweit einer gängigen und bewährten Vorgehensweise aus anderen Umweltregelbereichen.

Im Gegensatz zu anderen Umweltregelbereichen fehlen jedoch im Falle von GVO entsprechende Handlungsanweisungen für die behördliche Vorprüfung ebenso wie für die Durchführung einer UVP. Im Einzelfall müssen diese derzeit von den lokal betroffenen Behörden eigens ausgearbeitet und vorgelegt werden. Dies führt einerseits zu Mehrfachbelastungen in den Behörden, andererseits auch zu Ungleichheiten und letztlich Rechtsunsicherheit. Ziel muss es jedoch sein, Rechts- und Planungssicherheit auf allen Seiten herzustellen, sowohl für den Betreiber als auch für den Naturschutz und die zuständige Untere Naturschutzbehörde.

Die Empfehlung hierzu stellt daher eine Aufforderung an Bund und Länder dar, entsprechende Handreichungen für die Behörden zur UVP auszuarbeiten. Dies beinhaltet auch die Festlegung bzw. Entwicklung entsprechend standardisierter Methoden und einheitlicher Kriterien.

In dem Forschungsvorhaben wurde mit der Validierung der Ausbreitungsrechnung und Umsetzung im GIS über das vereinfachte TAFF-Verfahren ein wichtiger Beitrag hierzu bereitgestellt. Im Folgenden wird exemplarisch das Anwendungspotential der Ausbreitungsrechnung in Ergänzung zur Abstandsregelung vorgestellt.

Zunächst ist festzuhalten, dass bei der Pollenausbreitung die Überlagerung durch umliegende Felder eine wesentliche Rolle spielt. Im Gegensatz zu Industrieanlagen wandern zudem die Felder von Jahr zu Jahr, so dass hier keine festen Emissionsorte bestehen. Daraus ergibt sich folgende Situation:

- Eine UVP, selbst für ein Einzelfeld, kann sich ohne Berücksichtigung der Überlagerung aus den anderen *Bt*-Maisfeldern in der Umgebung als unzureichend erweisen.
- Im Gegensatz zu den ortsfesten Industrieanlagen, Ställen etc., wo Genehmigungen einmalig beantragt und dann für Jahre gelten können, müssen beim wandelnden GVO-Anbau jährlich erneut die orts- und feldbezogenen Aspekte der UVP wiederholt werden.
- Die Anbausituation muss jedes Jahr neu insgesamt betrachtet und geprüft werden, ob und inwieweit sich dadurch bedenkliche Überschneidungen in der Pollenausbreitung mit Schutzgebieten ergeben könnten.

Jährlich anhand von Anmeldedaten eine komplexe, alle Felder umfassende Ausbreitungsrechnung über alle Anbaugebiete zu erstellen, wäre nur mit einem sehr hohen Aufwand zu bewerkstelligen und in der Regelungspraxis kaum umsetzbar. Für den GVO-Bereich empfiehlt sich daher, die Ausbreitungsrechnung nicht als Ersatz, sondern vielmehr ergänzend zur einfachen Abstandsregelung vorzusehen und zwar für die Prüfung von Einzelfällen in der UVP.

Das Prozedere lässt sich dann wie folgt darstellen:

1. Es gilt weiterhin eine allgemeine Abstandsregel von z.B. 800 m[2] zu Schutzgebieten. Wer diese einhält darf in der Regel anbauen. Die Schutzgebiete mit den Pufferzonen lassen sich im GIS transparent und für jeden zugänglich darstellen. Über eine Verschneidung mit den Anbaudaten lassen sich die Auswirkungen einer Abstandsregelung mit den Feldbereichen außerhalb und innerhalb der Pufferzonen zeigen (Abb. 1 und Abb. 2.).

2. Wer diese Abstände unterschreiten will, muss eine UVP durchführen und die Unbedenklichkeit nach festgelegten Kriterien prüfen (lassen). Hierzu erfolgt eine Anwendung der Ausbreitungsrechnung im TAFF Verfahren (siehe Kap. 4).

Die Anwendung der Ausbreitungsrechnung in der UVP lässt sich dann beispielsweise wie folgt gestalten:

1. Es wird pro Region nach dem TAFF-Verfahren eine Musterausbreitungsrechnung für mittlere und ungünstige Verhältnisse (Worst-Case-Szenarien) ausgehend von einem Einheitsfeld (Rasterfeld von 20 m x 20 m) erstellt und diese in das GIS transferiert (siehe Abb. 6 als Beispiel mit mittleren Annahmen). Als Region wird hier ein Raum verstanden, der aus Sicht der Ausbreitungsrechnung topografisch und meteorologisch hinreichend homogen strukturiert ist. Die Größe spielt hierbei keine Rolle. Dieser Schritt wird seitens der Behörde veranlasst, die Ausbreitungsrechnung selbst wird von qualifizierter Stelle mit einem geeigneten Ausbreitungsmodell (z.B. LASAT) durchgeführt. Der Vorgang muss nur einmal vorgenommen werden.

2. Anhand der Anmeldedaten wird die Verteilung der gv-Maisfelder ermittelt (Abb. 8). Dieser Vorgang fällt jährlich erneut an und ist unter Berücksichtigung entsprechender Nach- oder Ummeldungen mehrfach kurzfristig zu aktualisieren. Nach Rasterung wird die Verteilung der Pollenimmission unter Berücksichtigung der Überlagerungseffekte aller Felder für die Region, die außerhalb der 800 m - Pufferzonen liegen, über das TAFF-Verfahren berechnet und dies grafisch im GIS dargestellt (siehe Beispiel in Abb. 7). Durch die Transferierung dieses Schrittes in das GIS lässt sich dieser Vorgang praktisch an jedem PC auch innerhalb der Behörde, die mit GIS ausgestattet ist, mit geringem Zeitaufwand vornehmen. Der Schritt beinhaltet zudem eine Basisprüfung, ob sich auf Grund bestimmter Felddaten im jeweiligen Jahr z.B. auf Grund hoher Anbaudichten oder speziellen örtlichen Bedingungen selbst bei Einhaltung der 800 m - Pufferzone bereits Überschneidungszonen vorher festgelegter Grenz-/Leitwerte der Pollenimmission mit Schutzgebietsflächen ergeben könnten (siehe Abb. 9 – Abb. 10). Als Grenz-/Leitwerte bieten sich die Depositionswerte an, die über die Freilandmessungen mit dem nach VDI 4330 Bl. 4 (2007) standardisierten Verfahren des PMF ermittelt wurden und die über die festgestellte Reduzierung der Belastung mit Abstand vom nächsten Feld die Grundlage zur Definition des Pufferabstandes bildeten (s. Beitrag Hofmann).

3. Einzelfallprüfung: Für die Prüfung des Einflusses, ausgehend von einem zu beurteilenden Feld (oder auch mehrere eines Anmelders) innerhalb der 800 m - Pufferzone, kann nun die Prüfung der Umweltverträglichkeit erfolgen, indem zunächst in gleicher Weise dieses Feld im GIS gerastert und die Zusatzbelastung der Pollenimmission ausgehend von diesem Feld entsprechend ermittelt wird und mit der Grundbelastung,

2 Es wurde in dem Beispiel die derzeitige Abstandsregelung in Brandenburg von 800 m verwendet. Unsere Empfehlung ist ein allgemeiner Abstand von 1.000 m in allen Bundesländern.

die von weiteren Feldern in der Umgebung resultiert (siehe Punkt 2.), überlagert wird. Aus der Addition wird dann ersichtlich, ob sich in der Überlagerung problematische Überschneidungen mit Schutzgebieten ergeben (s. Abb. 11 - Abb. 13). Dadurch, dass dieser Schritt ebenfalls im GIS durchgeführt werden kann, ist er ohne größeren Aufwand auch innerhalb der Behörde vollziehbar.

4. Stehen mehrere Felder verschiedener Anmelder im Pufferbereich zur Genehmigung an, erfolgt die Prüfung zunächst unter Berücksichtigung aller Felder über die einzelnen Anmelder hinweg wegen der Überlagerungseffekte. Folgende Fallunterscheidungen ergeben sich:

4a) Ergeben sich keine problematischen Überschneidungen mit Schutzgebieten, ist der Einfluss eines jeden Feldes unbedenklich.

4b) Ergeben sich problematische Überschneidungen, lassen sich durch iteratives oder geostatistisches Vorgehen die problematischen Felder innerhalb der Pufferzonen identifizieren und von der Genehmigung ausnehmen. Hierbei können sich abhängig von der räumlichen Konstellation mehrere geometrische Lösungen als Alternativen ergeben.

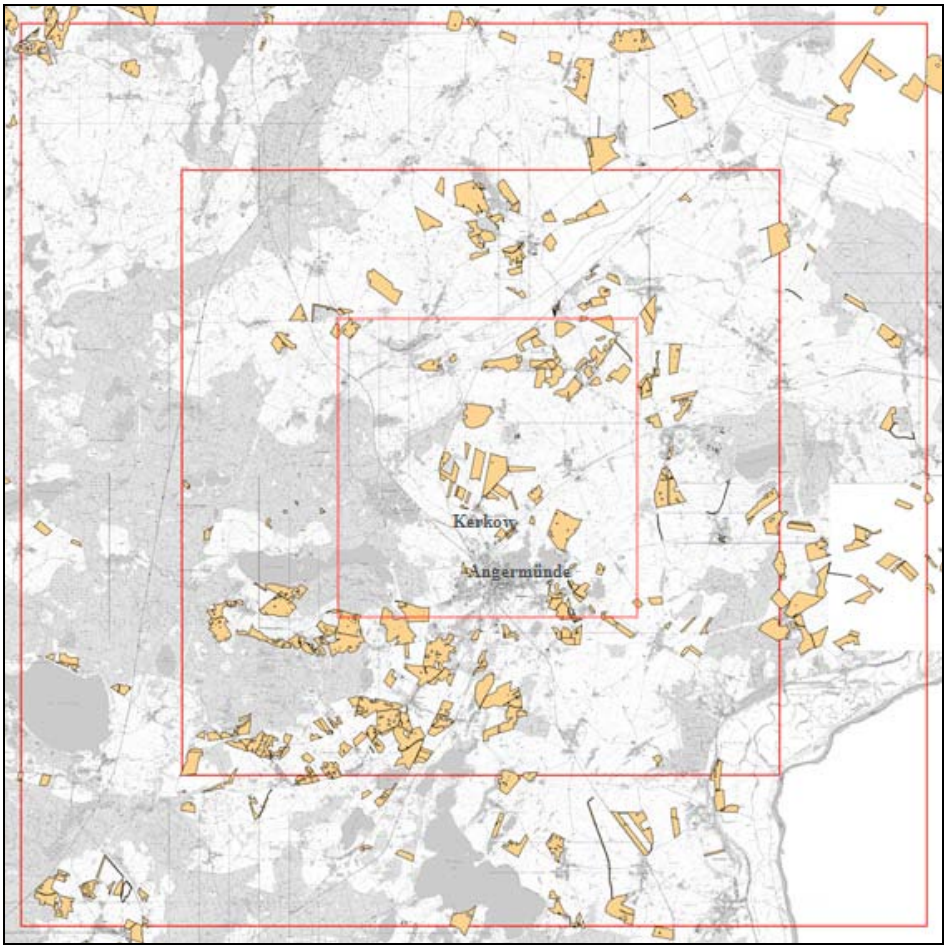


Abb. 8: Lage der Maisfelder im Untersuchungsraum bei Angermünde, Versuchsfelder bei Kerkow im Zentrum (Rahmen von außen nach innen: 30 km x 30 km, 20 km x 20 km und 5 km x 5 km). (Grafik: Peil/Boessenkool)

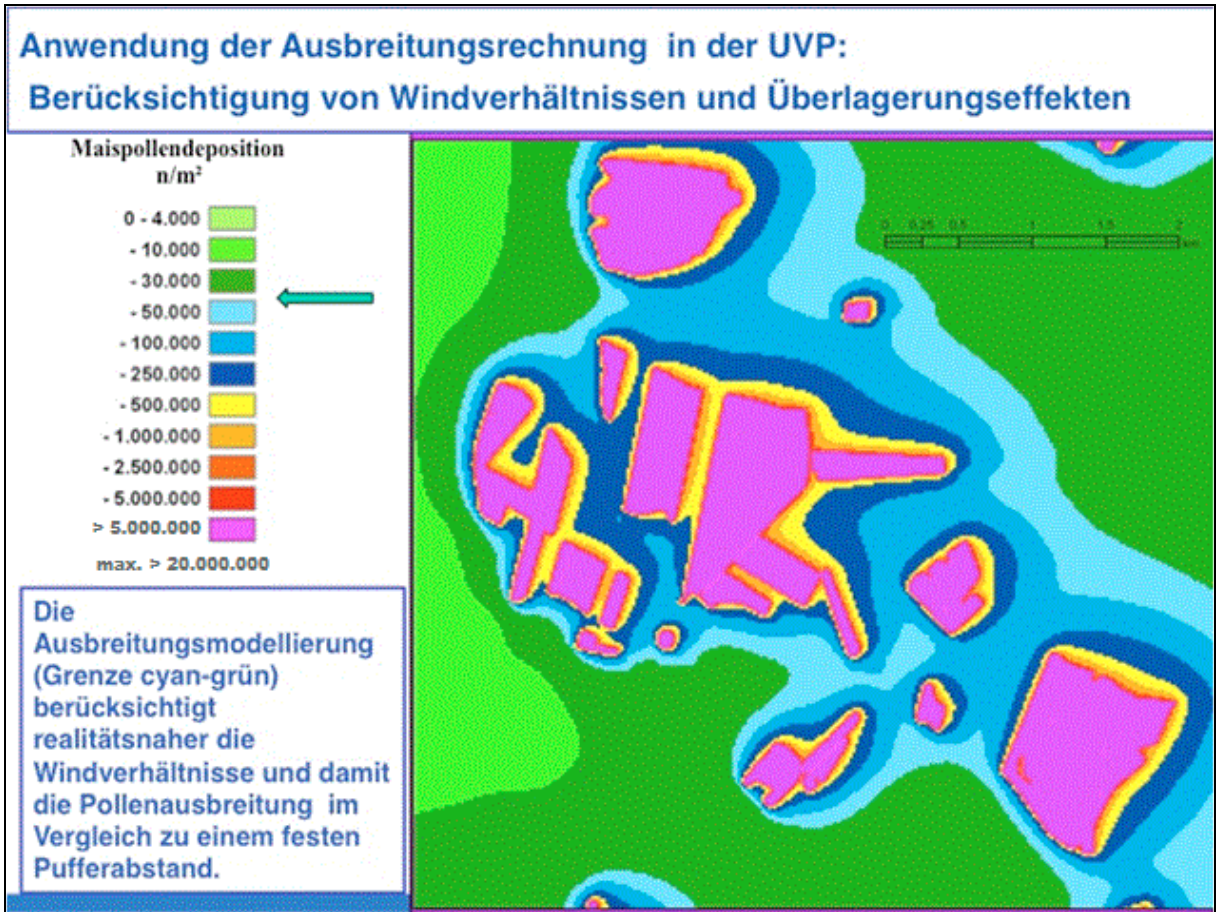


Abb. 9: Anwendung der Ausbreitungsrechnung: Räumliche Verteilung der Maispollen-Deposition (n/m²) als Ergebnis der Ausbreitungsrechnung unter Berücksichtigung von Überlagerungseffekten aus allen Maisfeldern im Untersuchungsraum für die nähere Umgebung der Versuchsfelder (Anbaujahr 2011, Ausschnitt: 5 km x 5 km).Pfeil: Der Pufferabstand von 800 m entspricht einer mittleren Pollendeposition von 30.000 n/m² (3 n/cm²). Hierdurch wird erreicht, dass in Gebieten außerhalb (z.B. Schutzgebiete) Pollendepositionen von über 250.000 n/m² (25 n/cm²) mit einer 95%igen Wahrscheinlichkeit vermieden werden. (Grafik: Boessenkool)

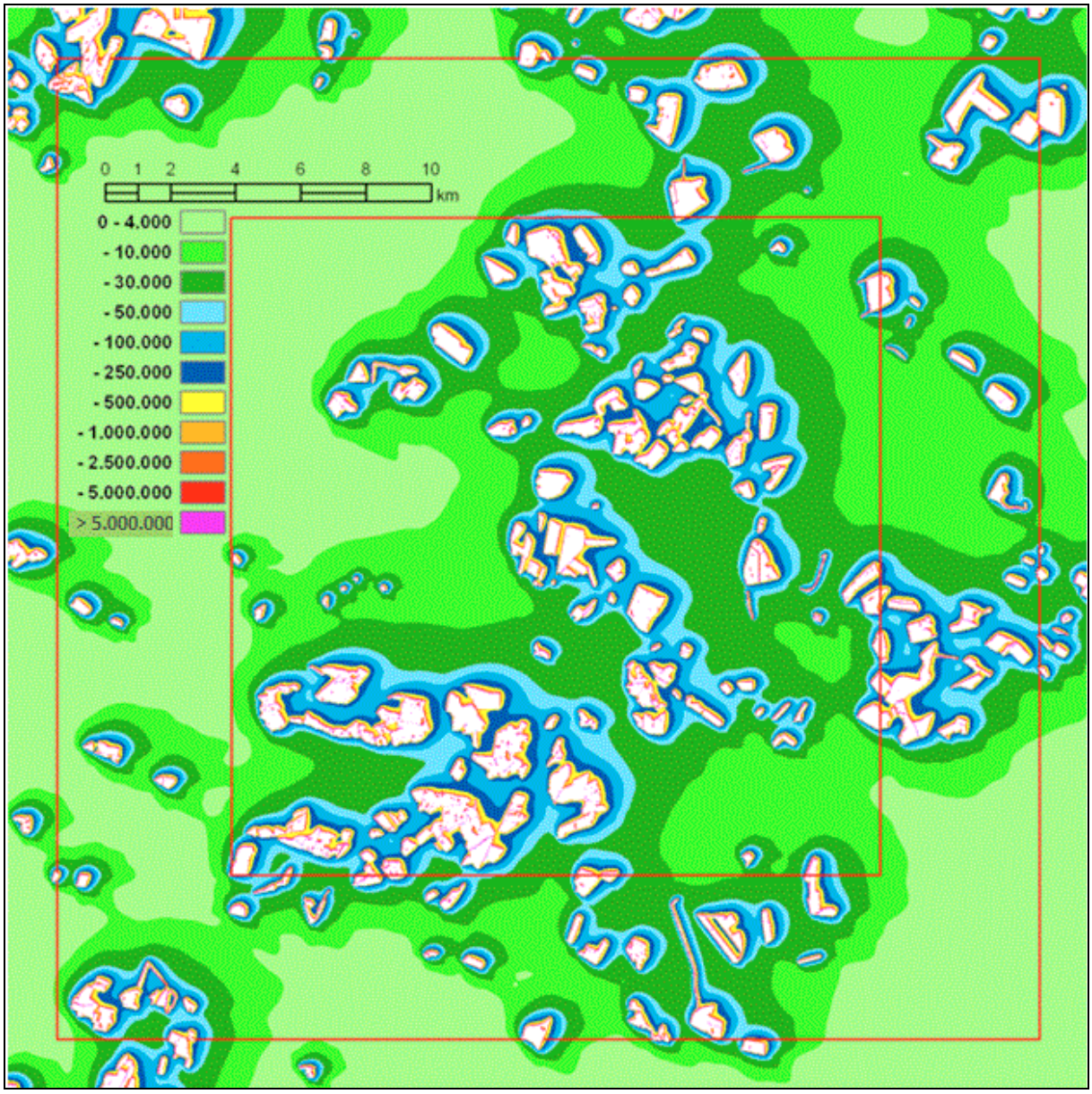


Abb. 10: Räumliche Verteilung der Maispollendeposition (n/m²) per Ausbrei-tungsrechnung für den gesamten Untersuchungsraum bei Angermünde für das Anbaujahr 2011 (Rahmen: 30 km x 30 km und 20 km x 20 km). Die Maisfeldflächen wurden für eine bessere Differenzierung in dieser Darstellung weiß gekennzeichnet. Sie liegen der Kategorie >5.000.000 Pollen/m² (Grafik: Boessenkool).

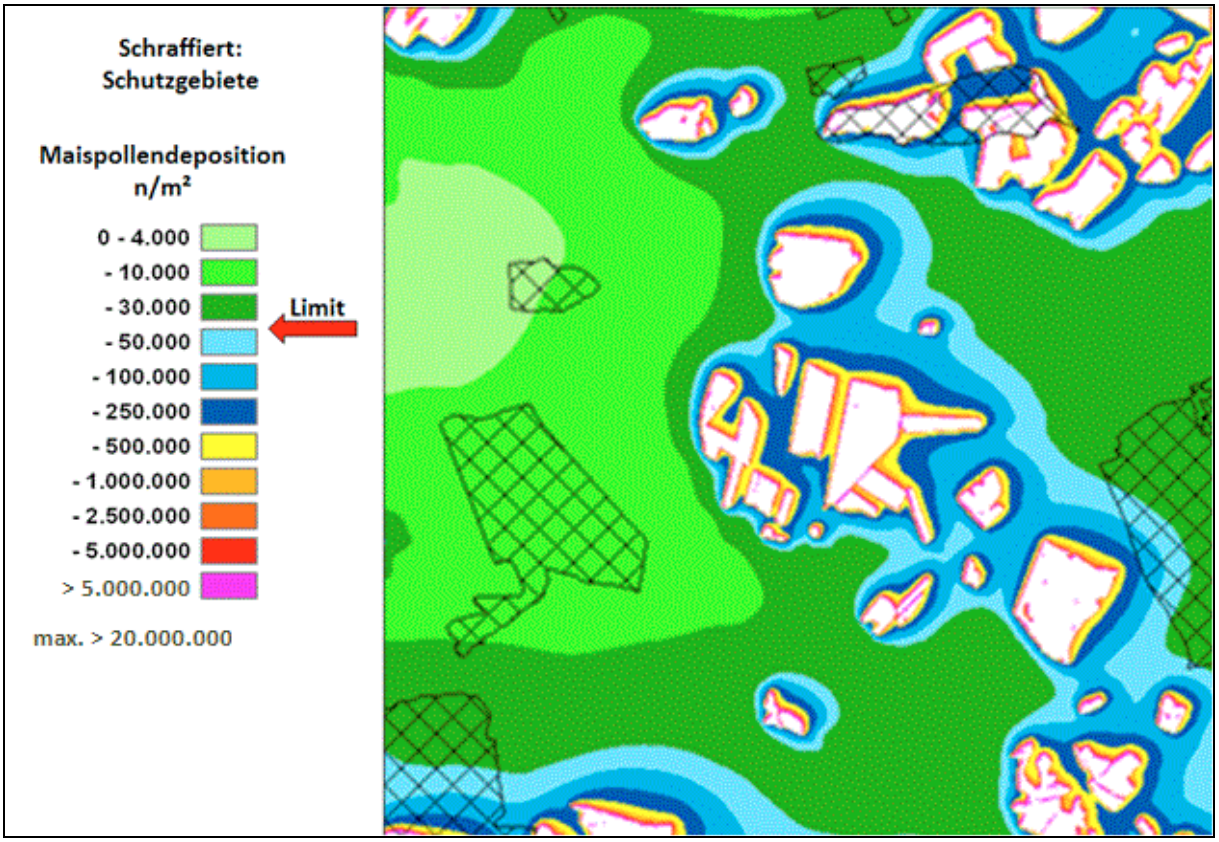


Abb. 11: Identifikation von potentiellen Konfliktbereichen: Verschneidung der räumlichen Verteilung der Maispollendeposition (n/m²) per Ausbreitungsrechnung mit der Lage der Schutzgebiete (Anbaujahr 2011, Ausschnitt: 10 km x 10 km).Hierdurch lassen sich Konfliktbereiche mit Pollendepositionen, die das Limit überschreiten, kenntlich machen. Die Maisfeldflächen wurden für eine bessere Differenzierung in dieser Darstellung weiß gekennzeichnet. Sie liegen der Kategorie >5.000.000 Pollen/m². (Grafik: Boessenkool)

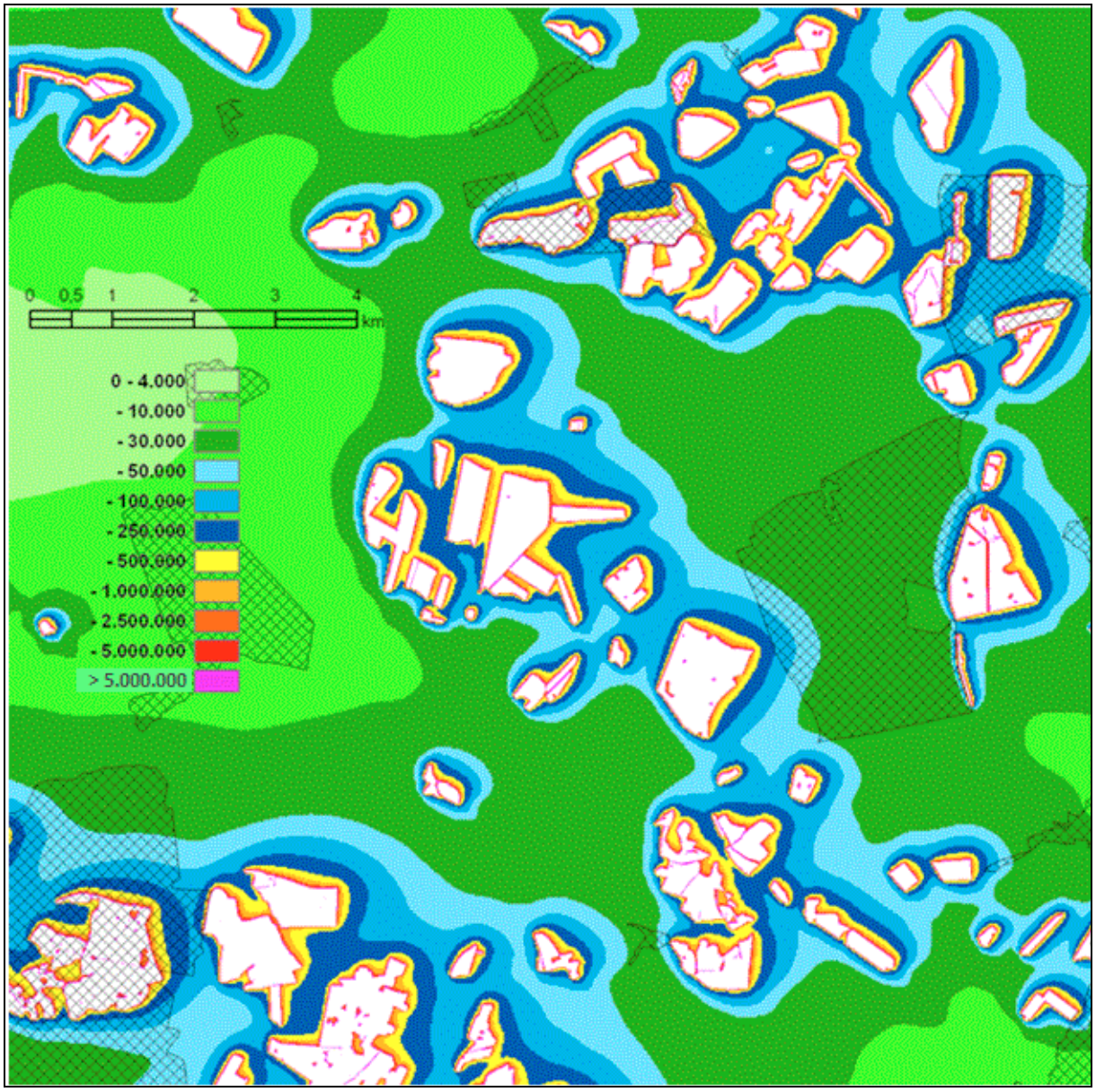


Abb. 12: Ausschnitt 15 km x 15 km zur Identifikation von potentiellen Konfliktbereichen: Überlagerung von Maisanbau, Maispollendeposition gemäß Ausbreitungsrechnung und Schutzgebiete im Untersuchungsraum bei Angermünde, Versuchsfelder im Zentrum, Schutzgebiete schraffiert. Die Maisanbauflächen sind weiss gehalten, sie liegen in der Depositionsklasse >5.000.000 n/m². (Grafik: Boessenkool)

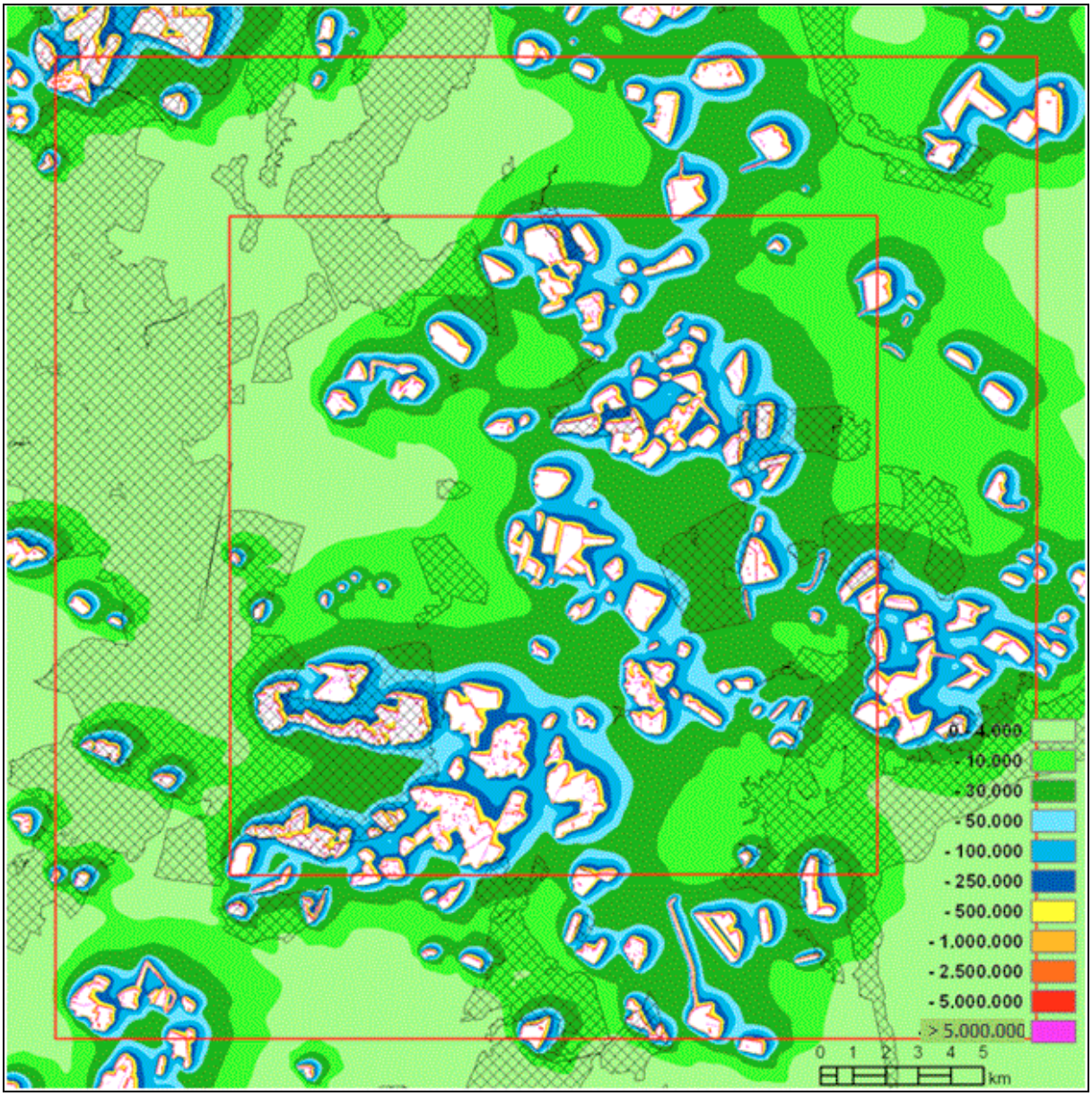


Abb. 13: Identifikation von potentiellen Konfliktbereichen: Überlagerung von Maisanbau, Maispollendeposition gemäß Ausbreitungsrechnung und Schutzgebiete für den gesamten Untersuchungsraum bei Angermünde, Versuchsfelder im Zentrum (Rahmen: 30 km x 30 km und 20 km x 20 km). Schutzgebiete schraffiert. Die Maisanbauflächen sind weiss gehalten, sie liegen in Depositionsklasse >5.000.000 n/m². (Grafik: Boessenkool)

6 Abstandsregelungen für den Schutz von Gewässerökosystemen

Eine Betrachtung möglicher Gefährdungen für Gewässerökosysteme durch den Anbau von *Bt*-Mais wurde lange vernachlässigt. Dies änderte sich mit den Arbeiten von Rosi-Marshall et al. (2007) aus den USA, Douville et al. (2007) aus Kanada und Bøhn et al. (2008) aus Norwegen. Diese Arbeiten zeigten, dass über Einträge von Pollen und Ernterückständen aus dem *Bt*-Maisanbau auch Gewässerökosysteme exponiert werden, dass *Bt*-Toxin in den Gewässern bis in das Frühjahr hinein nachweisbar war und mögliche Einwirkungen auf empfindliche Organismen nicht auszuschließen sind. Da Brandenburg reich an geschützten Gewässerökosystemen ist, wurde das Thema in dem Forschungsvorhaben aufgegriffen und erstmals hierzu entsprechende Freilandmessungen in Deutschland durchgeführt. Die Faktoren der Exposition von Gewässerökosystemen wurden im Vortrag von F. Hofmann im hier vorliegenden Band bereits näher erläutert:

- Eintrag über Pollenflug während der Maisblüte im Sommer über den Zeitraum Juli bis August.
- Eintrag von Ernterückständen während und nach der Maisernte von Herbst (September/Oktober) bis in das nächste Frühjahr hinein, wobei Unterschiede zwischen der Ernte von Körnermais und Silo-/Futtermais, der gehäckselt wird, bestehen:
  - direkter Eintrag von Streupartikeln während des Erntevorgangs über den Luftpfad;
  - indirekter Eintrag von auf dem Ackerboden deponierten Streupartikeln über Einschwemmung in die Gewässer durch z. B. Wassererosion nach starken Regenfällen, Überschwemmungen oder im Zuge von Schneeschmelze im Frühjahr;
  - indirekter Eintrag v.a. kleinerer Partikel und des *Bt*-Toxins über die Bodenpassage, hier insbesondere über Drainagen.
- Drift im Gewässer, so dass die Stoffe auch weiter im Unterlauf befindliche Stellen und Schutzgebiete erreichen können. Hierbei sind die Stoffe komplexen Transport- und Umbauvorgängen ausgesetzt. Die Stoffe können mehrfach abgelagert, wieder aufgeschwemmt (z. B. durch Hochwasser) und an weiter im Unterlauf befindlichen Stellen abgelagert und auch akkumuliert werden. An Stellen wie Wehren, Uferrandbereichen, Kolken, Obstruktionen, Auenbereichen, Schilfzonen etc. kann es zu Materialkonzentrationen kommen, die das Vielfache dessen betragen, was an den ursprünglichen Eintragsorten in unmittelbarer Nähe der Maisfelder gemessen wird.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens bestätigten die von Rosi-Marshall et al. (2007) festgestellten Einträge von Pollen und Streu in die Gewässer, wobei die Streueinträge um ein bis zwei Größenordnungen höher liegen als die Polleneinträge. Für die quantitative Erfassung der Streu-Deposition wurde ein neuer, einfacher Streufallen-Typ verwendet, über den auch Feinpartikel erfasst werden und der in größerer Stückzahl eingesetzt werden kann. So konnte in den über zwei Jahre gehenden Freilandversuchen erstmals auch für Streueinträge aus dem Erntevorgang ein definierbarer Entfernungsgradient ermittelt werden (s. Abb. 14).

Die Fragen nach praktikablen Ansatzpunkten zum Schutz von Gewässerökosystemen lassen sich folgendermaßen stellen:

- Sind Regelungsansätze denkbar, über die eine wirksame Expositionsminderung der Gewässer und damit Risikominimierung erzielt werden kann?
- Lassen sich geeignete Parameter für Leit-/Ziel-/Grenzwerte für die Stoffeinträge definieren, die über wissenschaftliche, standardisierte Verfahren erfasst und über die Effizienzkontrollen durchgeführt werden können?

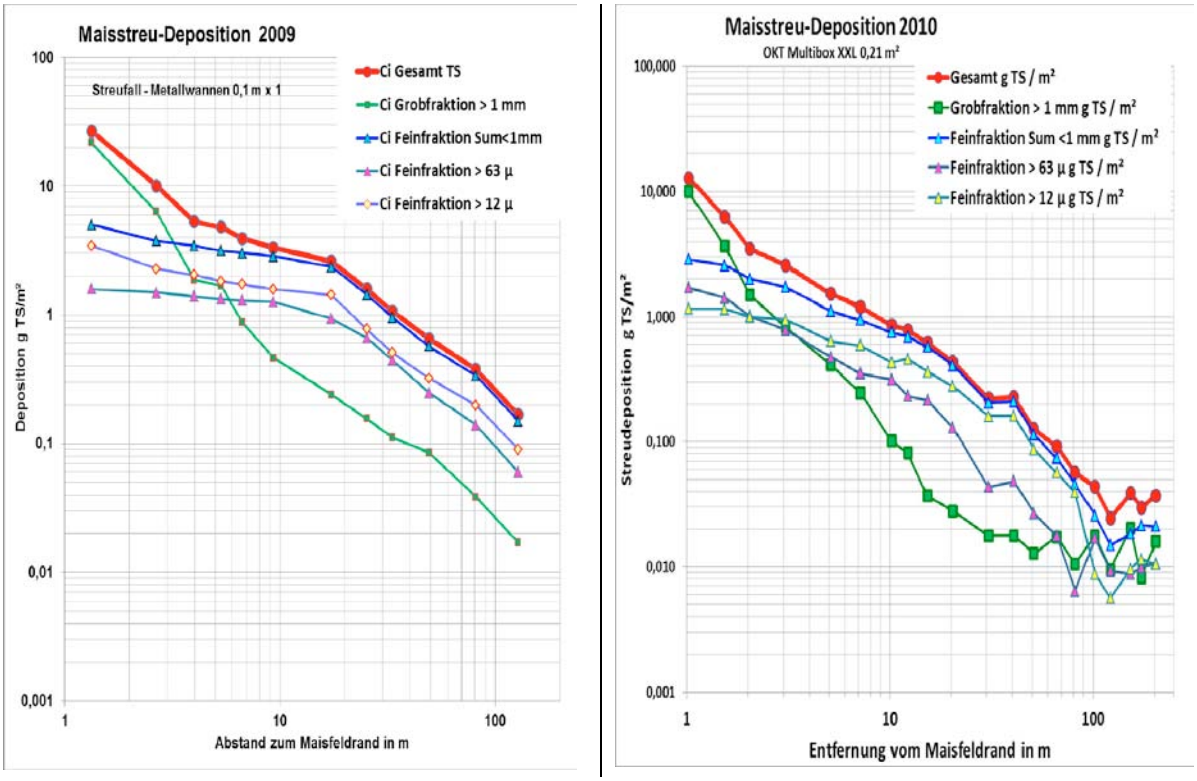


Abb. 14: Entfernungsgradient für Streueinträge aus der Silo-/Futter - Maisernte (Häcksel). (Grafik: Hofmann).

Aus den Ergebnissen des Forschungsvorhabens lassen sich hierzu folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Geeignete wissenschaftliche Verfahren zur Überwachung von Auswirkungen des *Bt*-Mais-Anbaus auf Gewässerökosysteme gibt es derzeit nur auf der Expositionsebene. Die Entwicklung von Methoden auf der Wirkungsebene steht erst am Anfang. Ansätze hierzu werden auf der Ebene von Freilandmessungen, Testsystemen oder Indikatororganismen eruiert.
- Der Eintrag von Pollen in Gewässerökosysteme über den Luftpfad unterscheidet sich nicht vom Eintrag in terrestrische Ökosysteme, so dass dieselben Entfernungsgradienten und Abstände zur Minimierung der Exposition für Schutzgebiete, ob terrestrisch oder aquatisch, angelegt werden können. Die Polleneinträge können zudem über die gleichen, standardisierten Verfahren zur technischen Pollensammlung (VDI 4330. Bl. 3 2007) erfasst und damit auch einer Kontrolle unterzogen werden wie bei den terrestrischen Ökosystemen.

Auch für die Ernterückstände über den Luftpfad während der Häcksel-Ernte zeigten sich Entfernungsgradienten, so dass sich für eine Reduzierung der Exposition der Gewässerökosysteme eine Abstandsregelung als pragmatisches und wirksames Instrument anbietet. Zudem ist eine Erfassung des Eintrages von Ernterückständen über den Luftpfad während der Häcksel-Ernte mit relativ einfachen, wissenschaftlichen Anforderungen genügenden Verfahren möglich. So lassen sich Grenz-, Ziel- oder Leitwerte definieren und überwachen sowie Effizienzkontrollen vornehmen.

Für die Erfassung der Stoffeinträge über den Bodenpfad, sei es über die Bodenoberfläche

als Erosion oder auch über Sickerwasser bzw. Drainagen, stehen hingegen derzeit keine adäquaten Verfahren zur Verfügung, die mit angemessenem Aufwand in der Regelungspraxis eingesetzt werden könnten. Das gleiche gilt für die Transportvorgänge im Gewässer. Modelle für grobe Mais-Streu-Partikel und das *Bt*-Toxin fehlen und bedürfen einer grundlegenden methodischen Entwicklung sowie entsprechender umfangreicher Validierung über Freilandmessungen.

Aus Vorsorgegründen empfehlen wir gemäß den Ergebnissen unserer Untersuchungen und den festgestellten Gradienten der Streueinträge eine vorläufige Abstandsregelung zu Gewässerökosystemen von mindestens 50 bis 100 Meter.

Hierdurch lässt sich eine effektive Reduzierung der Exposition der Streueinträge über alle Fraktionen, gewährleisten. Dies beinhaltet auch die Feinpartikel, die eine besonders hohe biologische Verfügbarkeit aufweisen. Abstände unter 50 Meter zeigen sich hier als wenig wirksam, Einträge aus Abständen über 100 Meter wiederum sind mit den derzeitigen Methoden nicht mehr praktikabel differenzierbar.

7 Fazit der Empfehlungen

1. Bundesweite Umsetzung einer Abstandsregelung zu sensitiven Schutzgebieten von einheitlich 1.000 Meter.

2. Entwicklung einer Handreichung für die Naturschutzbehörden mit Kriterien für die Vorprüfung in der UVP als Bund/Länder-Aufgabe.

2. Einführung einer Abstandsregelung zum Schutz von Gewässerökosystemen von mindestens 50 bis 100 Meter.

Quellen

Richtlinien, Gesetze, Verordnungen, Erlasse:

26. BImSchV: Sechsundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) v. 16.12.1996. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_26/gesamt.pdf (last access 29.10.2012).

4. BImSchV: Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen) (4. BImSchV) v. 24.7.1985, Stand 17.8.2012. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschv_4_1985/gesamt.pdf (last access 29.10.2012).

BayNatSchG (Gesetz über den Schutz der Natur, die Pflege der Landschaft und die Erholung in der freien Natur (Bayerisches Naturschutzgesetz – BayNatSchG) vom 23. Februar 2011. https://www.verkuendung-bayern.de/gvbl/jahrgang:2011/heftnummer:4/seite:8 (last access 29.10.2012).

BEMV: Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder v. 20.8.2002 mit Stand 7.7.2005. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bemfv/gesamt.pdf (last access 29.10.2012).

BImSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) v. 26.9.2002, Stand 27.6.2012. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimschg/gesamt.pdf (last access 29.10.2012).

Erlass BBG (2008): Runderlass des Brandenburger Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutzv. 27.3.2008 über Anbau von *Bt*-Mais und Schutzgebiete - Anforderungen an Sicherheitsabstände und Erforderlichkeit von Verträglichkeitsprüfungen. http://www.mugv.brandenburg.de/cms/detail.php/lbm1.c.239586.de (last access 29.10.2012).

GenTG: Gentechnikgesetz – Gesetz zur Regelung der Gentechnik i.d.F. vom 16. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2066), zuletzt geändert am 01. April 2008 (BGBl. I S. 499). http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gentg/gesamt.pdf (last access 29.10.2012).

GenTPflEV: Gentechnik-Pflanzenerzeugungsverordnung vom 7. April 2008 (BGBl. I S. 655).

GIRL: Geruchsimmissions-Richtlinie - Feststellung und Beurteilung von Geruchsimmissionen in der Fassung v. 29.2.2008 und einer Ergänzung v. 10.9.2008. [verfasst vom Länderausschuss für Immissionsschutz LAI mit Umsetzung in den Ländern, hier Brandenburg] http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2318.de/girl.pdf (last access 29.10.2012).

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; http:/ / eur-lex.europa.eu/ LexUriServ/ LexUriServ.847do ?uri=OJ:L:2001:106: 0001:0038:DE:PDF (last access 29.10.2012).

StrlSchV: Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) v. 20.7.2001. http://www.uni-hannover.de/imperia/md/content/agu/dokumente/strlschv_2012_02.pdf (Last access 29.10.2012).

TA Lärm: Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm) v. 26.8.1998. http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/talaerm.pdf (last access 29.10.2012).

TA Luft: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes–Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) v. 24.7.2002. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/taluft.pdf (last access 29.10.2012).

UVPG: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) v. 24.2.2010, Stand 17.8.2012. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/uvpg/gesamt.pdf (last access 29.10.2012).

VDI 4330 Blatt 3 (2007): Monitoring der Wirkungen von gentechnisch veränderten Organsimen (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.

VG Frankfurt (Oder), Beschl. v. 13.07.2007, Az.: 7 L 170/07.

WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) v. 31.7.2009. http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg_2009/gesamt.pdf (last access 29.10.2012).

Publikationen

BØHN, T.; PRIMICERIO, R.; HESSEN, D.O.; TRAAVIK, T. (2008): Reduced fitness of Daphnia magna fed a *Bt*-transgenic maize variety. Arch. Environ. Contam. Toxicol, 55, 584-592.

DOUVILLE, M.; GAGNÉ, F.; BLAISE, C.; ANDRÉ, C. (2007): Occurrence and persistence of Bacillus thuringiensis (*Bt*) and transgenic *Bt* corn cry1Ab gene from an aquatic environment. EcotoxicolEnvironSaf 66: 195-203.

HOFMANN, F. (2007): Kurzgutachten zur Abschätzung der Maispollendeposition in Relation zur Entfernung von Maispollenquellen mittels technischem Pollensammler PMF. Gutachten Ökologiebüro im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz BfN, Bonn. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/agrogentechnik/07-05-31_Gutachten_Pollendeposition_end.pdf (last access 29.10.2012).

HOFMANN, F.; EPP, R.; KALCHSCHMID, A.; KRATZ, W.; 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. (2010): Monitoring of *Bt*-Maize pollen exposure in the vicinity of the nature reserve Ruhlsdorfer Bruch in northeast Germany 2007 to 2008. Umweltwiss. Schadst Forsch 22 (3): 229–251 http://www.springerlink.com/content/c2012622208376x1/ (last access 15.10.2011).

HOFMANN, F.; EPP, R.; KALCHSCHMID, A.; KRATZ, W.; 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. http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12302-008-0016-2?LI=true (last access 15.10.2011).

HOFMANN, F.; JANICKE, U.; JANICKE, L.; WACHTER, R. (2009a): 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. Gutachten Ökologiebüro im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN), Bonn. http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/Hofmann_et_al_2009_Maispollen_ Worst-Case_Modell.pdf (last access 29.10.2012).

HOFMANN, F.; SCHLECHTRIEMEN, U.; KUHN, U.; VON DER OHE, W.; VON DER OHE, K.; KRUSE, L.; EPP, R.; MÜLLER, E.; KALCHSCHMID, A.; WACHTER, R.; VÖGEL, R. (2009b): Durchführung eines Pollenmonitorings an Kulturmais in FFH-Lebensräume - Projektbericht 2008 -. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 110, Potsdam. http://www.mugv.brandenburg.de/ cms/media.php/2320/fb_110.pdf (last access 29.10.2012).

HOFMANN, F.; EPP, R.; KALCHSCHMID, A.; KRATZ, W.; 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. (2010): Monitoring of *Bt*-Maize pollen exposure in the vicinity of the nature reserve Ruhlsdorfer Bruch in northeast Germany 2007 to 2008.

Umweltwiss. Schadst Forsch 22 (3): 229–251 http://www.springerlink.com/content/c2012622208376x1/ (last access 15.10.2011).

HOFMANN, F.; OTTO, M.; KUHN, U.; OBER, S.; SCHLECHTRIEMEN, U.; VÖGEL, R. (2011): A New Method for in situ Measurement of *Bt*-Maize Pollen Deposition on Host-Plant Leaves. Insects (2): 12-21. http://www.mdpi.com/2075-4450/2/1/12 (last access 29.10.2012).

KLETER, G.A., UNSWORTH, J.B., HARRIS, C.A. (2011): The impact of altered herbicide residues in transgenic herbicide-resistant crops on standard setting for herbicide residues. Pest Management Science 67, 10: 1193–1210. DOI 10.1002/ps.2128 (last access 29.10.2012)

KRATZ, W.; MANTE, C.; HOFMANN, F.; SCHLECHTRIEMEN, U.; KUHN, U.; OBER, S.; VÖGEL, R. (2010): Exposure of maize harvest by-products to aquatic ecosystems and protected nature reserves in Brandenburg, Germany. Breckling B &Verhoeven R.: Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales. Theorie in der Ökologie 16, 20-21. Frankfurt, Peter Lang.

LHEUREUX, K.; LIBEAU-DULOS, M.; NILSAGARD, H.; RODRIGUEZ, E.; MENRAD, K.; MENRAD, M.; VORGRIMLER, D. (2003): Review of GMOs under research and in the pipeline in Europe. European Commission, Joint Research Center (DG JRC), Brüssel http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur20680en.pdf (Last access 29.10.2012).

OBER, S.; HOFMANN, F.; SCHLECHTRIEMEN, U.; KUHN, U.; WEDL, N.; VON DER OHE, W.; VON DER OHE, K.; RADTKE, J.; MÜLLER, A.; KALCHSCHMID, A.; KRUSE, L.; EPP, R. (2008): Durchführung eines Pollenmonitorings von Mais im Naturschutzgebiet Ruhlsdorfer Bruch 2007. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Brandenburg, Heft 109, Potsdam. http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/2320/fb_109.pdf (last access 29.10.2012).

REUTER, H.; BÖCKMANN, S.; BRECKLING, B. (2008): Analysing cross-pollination studies in maize. In: BRECKLING, B., REUTER, H., VERHOEVEN, R.: Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales - GMLS. Theorie in der Ökologie 14. Frankfurt, Peter Lang.59-65.

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. ProcNatlAcadSci USA 104: 16204–16208.

WILLAND, A., BUCHHOLZ, G. (2009): Stärkung gentechnikfreier Regionen. Rechtsgutachten im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen. Kanzlei Gassner, Siedler & Co, Berlin. http://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/uploads/file298182.pdf (last access 29.10.2012).

WURBS, A.; BETHWELL, C.; STACHOW, U. (2012: Assessment of regional capabilities for agricultural coexistence with genetically modified maize. Environmental Sciences Europe 24: 17. http://www.enveurope.com/content/24/1/17 (last access 29.10.2012).

Bestelladresse:

LUGV, Referat Umweltinformation, Öffentlichkeitsarbeit,

Seeburger Chaussee 2, 14476 Potsdam OT Groß Glienicke

Tel. 033201 442-171, E-Mail: vertrieb@geobasis-bb.de

Internet: www.lugv.brandenburg.de

Fachredaktion

LUGV, Referat T2

Druckvorbereitung:

LUGV, Umweltinformation, Öffentlichkeitsarbeit

Druck: Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg

Auflage: 500

Potsdam, im Januar 2013

Die Veröffentlichung als Print und Internetpräsentation erfolgt im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (MUGV) des Landes Brandenburg. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Dritten zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Der Band wird folgendermaßen zitiert:

Vögel, R.; Ober, S.; Hofmann, F.; Unselt, C. (2013): Agrogentechnik und Naturschutz - Wie können Schutzgebiete und aquatische Systeme wirksam vor dem Eintrag von *Bt*-Toxin geschützt werden? Vorstellung der Ergebnisse eines dreijährigen Projektes mit konkreten Handlungsempfehlungen an das Land Brandenburg. Fachbeiträge des Landesamtes für Gesundheit, Umwelt, Verbraucherschutz (LUGV), Potsdam, Titelreihe Heft 133: 120 Seiten.
http://www.lugv.brandenburg.de

**Ministerium für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

**Landesamt für Umwelt,
Gesundheit und Verbraucherschutz
des Landes Brandenburg**

Referat Umweltinformation/Öffentlichkeitsarbeit

Seeburger Chaussee 2
14476 Potsdam OT Groß Glienicke
Tel.: 033201 442 171
Fax: 033201 43678
E-Mail: infoline@lugv.brandenburg.de
www.lugv.brandenburg.de