

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 89 412/06
UBA-FB 000479



**Monitoring von
Umweltwirkungen gentechnisch
veränderter Organismen**

**Ergebnisse der Modellprojekte von Bund und
Ländern, Fachtagung am 25.5.2003, Berlin**

- Tagungsband -

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei
Vorauszahlung von 10,00 €
durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Ahornstraße 1-2,
10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in dem Bericht geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet IV 2.5
Wiebke Züghart

Berlin, September 2003

Inhaltsverzeichnis

Begrüßung und Einleitung <i>Dr. K.-G. Steinhäuser, Umweltbundesamt</i>	1
Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen <i>I. Nöh, Umweltbundesamt</i>	5
Entwicklung eines Monitoring von herbizidtolerantem Raps in der Modellregion Kelheim <i>Dr. Anne Theenhaus, Dr. Ludwig Peichl, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz</i>	13
Technische und biologische Pollenakkumulatoren und PCR-Screening für eine erste Stufe eines GVP-Umweltmonitorings, Modellprojekt zum Langzeitmonitoring von GVP: Bremen <i>F. Hofmann (Ökologiebüro Hofmann), U. Schlechtriemen, W. Wosniok, M. Foth, B. Seiffert, G. Breitfuß, W. von der Ohe, K. von der Ohe; V. Dietze, E. Schultz, B. Tappeser</i>	33
Methodenentwicklung für ein Monitoring transgener Pollen, „Prüfung der Raumrepräsentativität von Pollensammlern für ein Langzeitmonitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP).“ <i>Dr. Heike Beismann, Dipl.-Ing. Martin Kuhlmann, Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer, Technische Universität München</i>	57
„Monitoring von herbizidresistentem Raps in NRW“ <i>Prof. Dr. H. Haeupler, Dipl.-Geogr. G. H. Loos, Dipl.-Geogr. B. Surkus, Ruhr-Universität Bochum</i>	71
Niedersächsisches Modellprojekt: Konzeptentwicklung für ein Langzeitmonitoring von HR-Raps <i>Dr. Nicola Hofmann , Dr. Sigrun Feldmann, Thomas Thienel, Dr. Gabriele Neuber, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie</i>	91
Baseline-Studie zur Variation ökologischer Parameter beim Kartoffelanbau für das Langzeitmonitoring transgener Pflanzen <i>Dr. Andreas Ulrich, Dr. Regina Becker, Dr. Steffen Malt, Torsten Hoffmann Wolfgang Seyfarth, Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Müncheberg</i>	107
Vergleich der C-und N-Mineralisationsraten von konventionellen und transgenen Maissorten im Freiland und bei Inkubationsexperimenten unter Laborbedingungen <i>PD Dr. M. Raubach, K. Roose, Universität Kassel</i>	123
Monitoring gentechnisch veränderter Organismen in Deutschland: Das Ziel immer näher vor Augen <i>Dr. A. Gies, Umweltbundesamt</i>	139
Anhang Teilnehmerliste	142

Begrüßung und Einleitung

Dr. K.-G. Steinhäuser

Leiter des Fachbereichs Chemikaliensicherheit und Gentechnik, Umweltbundesamt

Meine Damen und Herren,

ich möchte Sie herzlich zu der Fachtagung „Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen, Ergebnisse der Modellprojekte von Bund und Ländern“ begrüßen.

Ich freue mich, dass Sie so zahlreich unserer Einladung zu dieser Fachtagung gefolgt sind. Der Teilnehmerkreis umfasst alle Funktionen und Fachrichtungen, die sich mit dem Thema Monitoring von GVO beschäftigen. Unter uns sind Vertreter und Vertreterinnen der zuständigen Bundesministerien BMU, BMGS und BMVEL, Vertreter und Vertreterinnen der Länder, des Länderausschuss Gentechnik, der Länderarbeitsgemeinschaft Naturschutz, Vertreter und Vertreterinnen der am Vollzug des GenTG beteiligten Bundesbehörden, Kolleginnen und Kollegen von Firmen, die zukünftig mit ihren Anträgen auf Inverkehrbringen von GVOs Überwachungspläne erstellen müssen, und wissenschaftliche Expertinnen und Experten, die sich mit dem Thema Umweltwirkungen auseinandersetzen.

Wie Sie alle wissen, ist ein Monitoring nach dem Inverkehrbringen Bestandteil der neuen europäischen Freisetzungslinie (2001/18/EG). Damit wurde gesetzlich vorgeschrieben, dass der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen durch ein Monitoring begleitet werden muss, um Wissenslücken über mögliche schädliche Wirkungen von GVO auf Mensch und Umwelt schließen zu können. Diese Richtlinie unterscheidet zwischen fallspezifischem Monitoring (case specific monitoring) und einer allgemeinen überwachenden Beobachtung (general surveillance). Erstere ist alleinige Aufgabe der Antragsteller, beim zweiteren ist auch die öffentliche Hand gefordert, zumal es langfristig anzulegen ist. Die Vorgaben der RL sind nun in die aktuelle Novellierung des GenTG einzubeziehen. Kein Zweifel: beim Monitoring steht die Beobachtung potenzieller Wirkungen auf die Umwelt im Vordergrund, sind es doch gerade die Langzeitwirkungen in der Umwelt, bei denen die größten Unsicherheiten bei der Bewertung bestehen und wir ein Sicherheitsnetz nach der Zulassung spannen müssen.

Das UBA beschäftigt sich nunmehr seit 8 Jahren mit dem Thema Monitoring und hat im Auftrag des Bundesumweltministeriums Konzepte und Umsetzungsvorschläge für ein Monitoring anhand zahlreicher Forschungsvorhaben und Fachgespräche entwickelt. Unter dem Vorsitz des UBA wurde in der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring von Umweltwirkungen von GVP“ ein richtungsweisendes Konzept erarbeitet, das inzwischen der Umweltdatenkonferenz vorgelegt wurde. Nicht ohne Stolz können wir sagen, dass wir damit sowohl innerhalb Deutschlands als auch innerhalb der EU eine Pionierrolle einnehmen.

Die Modellprojekte, die wir gemeinsam mit sechs Bundesländern durchführen, leisten einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung dieses Konzeptes. Seit dem Jahr 2000 werden inzwischen acht Vorhaben durchgeführt. Sie setzen dort an, wo konzeptionelle Wünsche und Überlegungen auf praktische Probleme und Grenzen stoßen. Die Modellprojekte sollen methodische Lücken zur Erfassung potenzieller Umweltwirkungen schließen und uns einen Eindruck von der Machbarkeit und Finanzierbarkeit einer Langzeitbeobachtung vermitteln. Mit der heutigen Veranstaltung wollen wir die Ergebnisse dieser Forschungsvorhaben vorstellen. Damit wollen wir die wissenschaftliche Diskussion vorantreiben, wie die Beobachtung von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen (GVO) konkret ausgestaltet werden kann.

Ich möchte mich an dieser Stelle ganz herzlich für die gute Zusammenarbeit mit den Ländern und den Forschungsnehmern bedanken. Wir hatten das Gefühl immer an einem Strang zu ziehen und ein gemeinsames Ziel zu verfolgen. Unseren lieben Kolleginnen und Kollegen gebiert heute die Hauptrolle.

Gestatten Sie mir zum Abschluss eine persönliche Bemerkung: Das Studium der Kurzfassungen verdeutlichte mir aufs Neue die faszinierende Komplexität des Themas mit ihren verschiedenen Fragestellungen,

- der Wirkungen auf Biodiversität
- der Wirkungen auf die Umweltmedien und ihre Funktion und
- ökotoxikologische Aspekte.

Von daher war und ist das Thema grüne Gentechnik bei uns im Umweltbundesamt außerordentlich gut beheimatet. Sie wissen sicherlich, dass vorgesehen ist, dass künftig das BfN dieses Thema betreut. Ich will dies hier nicht weiter öffentlich kommentieren, sondern nur betonen, dass ich etwas wehmütig bin, heute vermutlich meine letzte Fachveranstaltung für Gentechnik zu begleiten und künftig nur noch Fachgebietsleiter

für Chemikaliensicherheit zu sein. Aber lassen Sie sich dadurch nicht anstecken, vielmehr wünsche ich uns allen für den heutigen Tag eine angeregte und konstruktive Diskussion.



Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen

Ingrid Nöh

Wiebke Züghart, Anne Miehe, Frank Berhorn, Mathias Otto

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Kolleginnen und Kollegen,

Die heutige Tagung befasst sich mit dem Thema Monitoring. Mir obliegt es, in die Thematik einzuführen und den Rahmen für die nachfolgende Vorstellung der Monitoring-Projekte zu spannen.

Dafür gilt zunächst einmal zu klären: Monitoring – was ist das eigentlich?

Gentechnisch veränderte Organismen (im folgenden kurz: GVO) können in vielfältiger Weise auf die Umwelt einwirken. Ein GVO muss in seinen Eigenschaften geprüft, sein Verhalten in der Umwelt prognostiziert und bewertet werden, bevor er verwendet werden darf. Dabei setzt die neue Freisetzungsrichtlinie anspruchsvolle Vorgaben, indem nicht nur direkte und unmittelbare, sondern auch indirekte, spätere, unerwartete, langfristige und kumulative schädlichen Umweltwirkungen erwogen werden sollen. Allerdings fehlen für GVO vielfach experimentell abgesicherte Daten,

insbesondere aus Langzeituntersuchungen. Während direkte Wirkungen von Genprodukten bzw. eines Organismus selbst noch recht gut prognostizier- und bewertbar sind, bestehenden Wissenslücken hinsichtlich ökologischer Zusammenhänge und dafür relevanter Parameter. Prognosen stoßen immer dann an ihre Grenzen, wenn Wirkungen nicht mehr auf einen konkreten Zielorganismus, sondern auf komplexere Strukturen wie etwa ein Ökosystem abgefragt werden.

Um Wissenslücken zu schließen, wurde mit der neuen Freisetzungsrichtlinie das Monitoring nach der Marktzulassung verbindlich vorgeschrieben – und zwar als fallspezifische Überwachung, die an Annahmen aus der Risikoabschätzung festmacht, und als allgemeine überwachende Beobachtung, die insbesondere unerwartete schädliche Auswirkungen aufdecken soll.

Der Auftrag lautet also, Verhalten und Verbleib der GVO und ihrer transgenen Eigenschaften in der Umwelt mit einem Monitoring wissenschaftlich zu überwachen. Monitoring soll schädliche Wirkungen des GVO oder seiner Verwendung auf Mensch und Umwelt so rechtzeitig ermitteln, dass der Eintritt eines möglichen Schadens vermieden oder zumindest begrenzt werden kann. Monitoring nach der Marktzulassung soll demnach als Frühwarnsystem fungieren. Monitoring trägt damit sowohl zur Risikoabschätzung als auch zur Entscheidungsfindung bei - und ist somit ein Instrument, das den einer Genehmigung zugrundeliegenden Kenntnisstand an der Realität überprüft und langfristige Wirkungen erfasst. Damit wird ein zweites Sicherheits-Netz nach der Risikobewertung im Rahmen der Genehmigung gespannt.

Geeignete Parameter können nur dann sinnvoll ausgewählt werden, wenn im Vorfeld Schutzziele benannt werden, zu deren Erreichung das Monitoring einen Beitrag leisten soll, und wenn aufgrund wissenschaftlicher Hinweise mögliche Wirkungsketten auf diese Schutzziele formuliert wurden. Im Einklang mit dem Vorsorgeprinzip ist in der EG-Freisetzung-Richtlinie niedergelegt, dass die Anwendung von GVO keine schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben darf. Damit sind folgende umweltpolitische Schutzziele angesprochen:

Schutz der Biodiversität: Erhalt der Vielfalt von Nutz- und Wildarten, der innerartlichen genetischen Vielfalt, der Vielfalt von Lebensräumen, der Erhalt von gefährdeten und geschützten Arten

Wasser- und Bodenschutz: Erhalt der Funktionalität und Güte, Vermeidung von Bodenerosion und Gewässermangel und -belastung

Naturhaushalt: Erhalt des natürlichen Wirkungsgefüges, Stoff- und Energiekreisläufe.

Die Schutzziele und Handlungsfelder sind nicht GVO-spezifisch, sondern von genereller Bedeutung, aber GVO-Anwendungen könnten spezifische Wirkungen darauf entfalten. Dies festzustellen, ist Aufgabe des Monitoring, und trägt somit dazu bei, übergeordnete umweltpolitische Ziele wie die einer dauerhaft umweltgerechten Landwirtschaft, der Ressourcenschonung und der Risikovermeidung zu erreichen.

Unter dem Vorsitz des UBA wurde in der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring der Umweltwirkungen von GVP“ ein Monitoring-Konzept erarbeitet, das inzwischen der Umweltministerkonferenz vorgelegt wurde. Das Konzept befasst sich sowohl mit organisatorischen als auch mit fachlichen Fragestellungen, im Zusammenhang mit dem Anbau gentechnisch veränderter Kulturpflanzen (GVP).

Da schädliche Auswirkungen eines GVO oder dessen Verwendung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt ermittelt werden sollen, berührt ein GVO-Monitoring neben dem Umweltschutz auch Aspekte des Gesundheits- und Verbraucherschutzes und der Landwirtschaft. Das Monitoring soll daher Module für die jeweils betroffenen Bereiche enthalten. Der Schwerpunkt des Monitoring ist - in Übereinstimmung mit den Schutzz Zielen der Richtlinie - auf ökologische Aspekte zu legen.

Sowohl die neue Freisetzung-Richtlinie als auch die EU-Leitlinien zum Monitoring schreiben den Antragstellern weitgehend die Verantwortung für das Monitoring zu. Diese Aufgabe kann aber nur dann sinnvoll gelöst werden,

- wenn alle Beteiligten an einem Strang ziehen, nicht nur seitens der Antragsteller, sondern auch seitens der EU, des Bundes und der Länder,
- wenn staatliche Vorgaben den Umfang des Monitoring regeln und
- wenn Nachvollziehbarkeit, Vergleichbarkeit und Transparenz gewährleistet werden.

Das Konzept setzt sich daher mit Fragen der Aufgabenaufteilung und Koordination auseinander. Für die Umsetzung des Monitoring wird eine zentrale Koordinationsstelle für erforderlich gehalten, die u.E. wegen des fachlichen Schwerpunktes im Bereich Umweltwirkungen auch im Umweltressort anzusiedeln ist.

In seinem fachlichen Teil beschäftigt sich das Konzept mit Beobachtungsparametern, Erhebungsmethoden und Beobachtungsräumen für ein Monitoring sowie mit den Möglichkeiten, bestehende konventionelle Umweltbeobachtungsprogramme in Bund und Ländern zu nutzen. Das Konzept enthält Kernparametersätze und geeignete Erhebungsmethoden für die vier Fallbeispiele HerbizidResistenter (HR)-Raps, Bt-Mais, VirusResistente (VR)-Zuckerrüben und Kartoffeln mit verändertem Kohlenhydrat-Spektrum.

Die Kernparametersätze und Methoden wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens zusammengestellt und in 3 Workshops mit Experten und Expertinnen fachlich abgesichert.

Für ein Monitoring sind Parameter zu erheben, die die Erfassung von direkten und indirekten sowie sofort oder langfristig auftretenden GVP-Auswirkungen erlauben. Der Prüfung von Umweltwirkungen im Rahmen der Zulassung liegt die Rekonstruktion möglicher Wirkketten und Wirkmechanismen zugrunde. Sie bildet die Grundlage für eine Ableitung geeigneter Beobachtungsparameter.

Prinzipiell lassen sich Parameter für ein GVO-Monitoring unter folgenden Gesichtspunkten kategorisieren:

- Parameter, die spezifische Wirkungshypothesen überprüfen
- Parameter, die unvorhergesehene Ereignisse in den Handlungsfeldern erfassen
- Parameter, die Hintergrundinformationen zur Interpretation der Daten liefern.

Die Auswahl von Monitoring-Parametern sollte nachvollziehbar und überprüfbar sein. Deshalb sollten folgende Kriterien hinsichtlich der Auswahl von Monitoring-Parametern angewandt werden:

- Bezug des Parameters zu Schutzziel und Handlungsfeld (Kann der gewünschte Sachverhalt über den Parameter abgebildet werden?)
- Wissenschaftliche Methodik (Eignung der Methodik, Reproduzierbarkeit, Standardisierung, Statistik, Auswertbarkeit)
- Praktikabilität (Aufwand an Zeit, Personal, Kosten)
- Hintergrunddaten (u.a. regionenspezifische Kontextinformation) für die Interpretation (verfügbar bzw. zu erarbeiten)
- Anbindung an / Kooperation mit bereits bestehenden Untersuchungsprogrammen (Wird der Parameter bereits in anderen Programmen erhoben? Kann der Parameter in bestehende Programme ohne größeren Aufwand aufgenommen werden?).

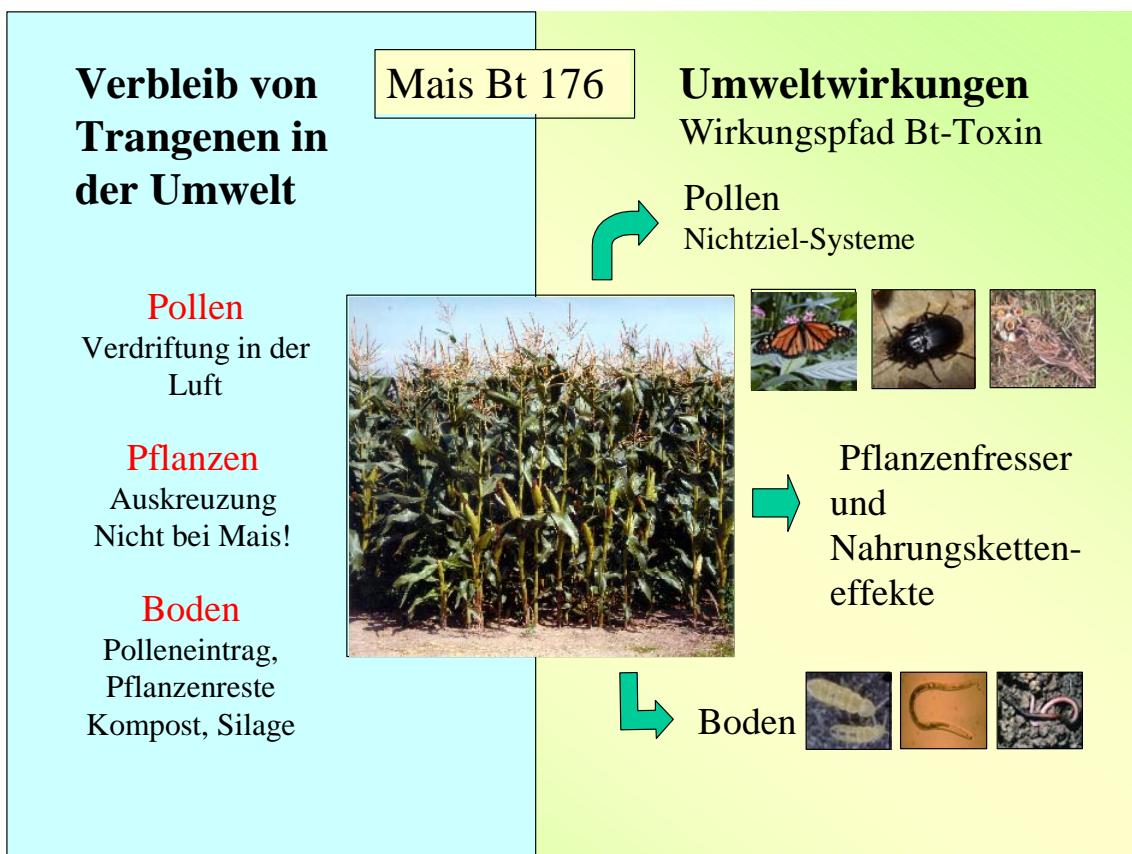
In dem Konzept der Bund/Länder-AG „GVP-Monitoring“ werden Möglichkeiten der Nutzung bestehender, konventioneller Beobachtungsprogramme von Bund und Ländern geprüft und für einige Parameter konkrete Vorschläge gemacht.

Um seiner Aufgabe als Frühwarnsystem gerecht werden zu können, muß das Monitoring zwei Kernbereiche umfassen:

- Dokumentation der Verbreitung, Persistenz und Akkumulation von Transgenen in der Umwelt
- Erfassung von schädlichen Umweltwirkungen transgener Organismen.

Die Dokumentation des Verbleibs von Transgenen in der Umwelt ist wesentliches Element der allgemeinen überwachenden Beobachtung, um ggf. Rückschlüsse ziehen zu können, wenn spätere oder unvorhergesehene Wirkungen auftreten. Die Erfassung von schädlichen Wirkungen wird möglich, wenn der Parameterwahl Ursache-Wirkungshypothesen zugrundgelegt werden. Dies haben wir in unserem Konzept umgesetzt (Abb.1).

Abb.1: Kernbereiche des Monitoring am Beispiel von Bt-Mais



Mit dem Monitoring-Konzept der Bund/Länder-AG „GVP-Monitoring“ wurden alle wesentlichen Fragestellungen behandelt. Dennoch ist noch Detailarbeit zu leisten, gerade für die praktische Umsetzung. Z.B. müssen Parameter für weitere GVO festgelegt werden. Erhebungsmethoden müssen erarbeitet oder weiterentwickelt

werden. Dies gilt z.B. für molekulargenetische Nachweismethoden in verschiedenen Medien oder für die Erfassung von Auskreuzungen in der Wildflora. Es müssen geeignete Referenzsysteme entwickelt werden und Vergleichsdaten zur Beschreibung der Ausgangssituation erhoben werden. Darüber hinaus müssen Anforderungen an und die Auswahl von geeigneten Beobachtungsflächen konkretisiert werden.

Daher hat das Umweltbundesamt zusammen mit den Ländern parallel zur Konzeptentwicklung die praktische Umsetzung anhand von Modellprojekten erprobt und offene Fragen bearbeitet. Es handelt sich insgesamt um 8 Vorhaben mit den Ländern Bayern, Brandenburg, Bremen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Hessen (Tab.1). Diese Projekte werden anteilig von BMU und Ländern gefördert und auf Vorschlag der Länder gestaltet.

Zentrale Ziele sind

- die Erprobung und Entwicklung von Methoden,
- die Erfassung von Basisdaten,
- die Überprüfung der Praxistauglichkeit und
- eine Aufwands- und Kostenermittlung.
- Folgende inhaltliche Fragestellungen wurden für die Projekte gewählt:
 - Eintrag und Verbreitung von transgenen Pollen durch Wind und Insekten
 - Verwilderung und Etablierung transgener Kulturpflanzen
 - Auskreuzung und Verbleib von Transgenen in der Wildflora
 - Persistenz von Transgenen im Boden
- Bodenfunktion, Bodenfruchtbarkeit und Zusammensetzung mikrobieller Gemeinschaften
- Erhebung von Basisdaten und Ableitung geeigneter Parameter.

Die Modellprojekte werden somit der fachlichen Breite eines Monitoring von Umweltwirkungen von GVO gerecht. Welche Fragen konkret bearbeitet werden, wo die Entwicklung einzelner Methoden ansetzt, werden ihnen gleich die Forschungsnehmer der verschiedenen Projekte selbst vorstellen.

Durch die Arbeiten des UBA und der Bundesländer wurden die notwendigen Grundlagen für ein Monitoring der Umweltwirkungen von GVO gelegt. Unserer Meinung nach tragen die Projekte wesentlich dazu bei, das Konzept auch in die Praxis umsetzen zu können.

Die Ergebnisse sollen in ein Parameter- und Methodenhandbuch einfließen. Das geplante Monitoring-Handbuch soll als Grundlage für die Erstellung von Monitoring-Plänen dienen. Damit wird zum einen die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten gewährleistet, zum anderen den Antragstellern die Erstellung ihrer Monitoring-Pläne erleichtert. Dort, wo es sinnvoll ist, ist die Normierung von Methoden geplant, um so ein gemeinsames Handwerkszeug für die Erstellung von Monitoring-Plänen zur Verfügung zu stellen.

Das fernere Ziel ist ein abgestimmtes Vorgehen sowohl auf nationaler wie auf EU-Ebene. Ein erster Schritt in Richtung auf eine EU-weite Harmonisierung ist bereits erreicht, da die EU-Kommission auf Drängen Deutschlands eine Arbeitsgruppe zum Monitoring einrichten wird, die die sehr allgemein gehaltenen Monitoring-Leitlinien konkretisieren soll. Die in Deutschland erzielten Arbeitsergebnisse können richtungsweisend in die Diskussion dieser Arbeitsgruppe eingespeist werden.

Darüber hinaus müssen Bewertungs- und Abbruchkriterien entwickelt werden. Dies ist notwendig, um die Eingriffsschwellen zu definieren, also um zu wissen, wann aufgrund der gewonnenen Monitoring-Daten gehandelt werden muß und wie. Dafür muß ein Maßnahmenkatalog zur Verfügung stehen.

Trotz der geleisteten Grundlagenarbeit wird auch weiterhin die Notwendigkeit der Fortschreibung des Konzeptes bestehen bleiben. Konzept und Handbuch werden an die Neuentwicklungen von GVO ständig angepasst und fortgeschrieben werden müssen. Dies gilt z.B. für neue Kulturpflanzen wie den Weizen, an neue Methoden, andere genetische Eigenschaften, steht aber dann vor großen Herausforderungen, wenn es um neue Organismen geht, z.B. langlebige, naturnah genutzte Lebewesen wie Bäume, oder um Tiere, z.B. Insekten, die bisher in dem Konzept noch nicht berücksichtigt wurden. Hier wird noch erhebliche konzeptionelle Arbeit zu leisten sein.

Tab. 1: Modellprojekte zum Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen als erster Schritt einer anwendungsbezogenen Umsetzung eines Monitoring-Konzeptes

Land	Projekt	Forschungsnehmer
Bayern	Umweltmonitoring möglicher Auswirkungen des landwirtschaftlichen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen auf die einheimische Flora	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Dr. Anne Theenhaus, Dr. L. Peichl
Brandenburg	Evaluierung von Kriterien für das Monitoring transgener Kartoffelpflanzen mit Änderungen im Grundstoffwechsel	Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), Dr. A. Ulrich, Dr. R. Becker, Dr. S. Malt
Bremen	Entwicklung eines standardisierbaren Monitoring-Verfahrens auf der Basis von technischen und biologischen Pollenakkumulatoren und Gen-Screening für eine erste Stufe eines GVO-Monitoring im Hinblick auf flächendeckende, raum-zeitliche Dokumentation von Eintrag und Verbreitung von GVO	Ökologiebüro Hofmann, F. Hofmann, U. Schlechtriemen, W. Wosniok, M. Foth, B. Seiffert, G. Breitfuss, W. und K. von der Ohe, V. Dietze, E. Schultz, B. Tappeser
Niedersachsen	Untersuchungen zur Verbreitung und Anreicherung von Transgensequenzen in der Umwelt über Auskreuzung und Bodeneintrag am Beispiel von HR-Raps	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (NLÖ), Dr. N. Hofmann, Dr. S. Feldmann, T. Thienel, Dr. G. Neuber
Nordrhein-Westfalen	Monitoring von herbizidresistentem Raps (HR) in NRW	Ruhr-Universität Bochum, Prof. Dr. H. Haeupler, G.H. Loos, B. Surkus
Bayern	Entwicklung eines Konzeptes für die Untersuchung des Einflusses von GVP auf die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaft in Nichtzielökosystemen	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Dr. Anne Theenhaus, Dr. L. Peichl
Hessen	Wirkung von Ernterückständen transgener Pflanzen auf die mikrobielle C- und N- Transformation in landwirtschaftlich genutzten Böden am Beispiel von Bt-Mais	Universität Kassel, PD Dr. M. Raubuch, K. Roose
Bayern	Prüfung der Raumrepräsentativität von Pollensammlern für ein Langzeitmonitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen	Technische Universität München, Dr. H. Beismann, M. Kuhlmann, Prof. J. Pfadenhauer

Entwicklung eines Monitoring von herbizidtolerantem Raps in der Modellregion Kelheim

Anne Theenhaus, Ludwig Peichl

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg

Die EU-Richtlinie (2001/18/EG) fordert für ein Langzeitmonitoring eine „fallspezifische Überwachung“ und eine „allgemeine überwachende Beobachtung“. Erste soll „auf jeden Einzelfall zugeschnitten sein und den Merkmalen der gentechnisch veränderten Organismen (GVO) Rechnung tragen“. Zweite soll „unerwartete oder unvorhergesehene schädliche Auswirkungen des Anbaus von GVO untersuchen“. Als Grundlage sowohl für die „fallspezifische Überwachung“ als auch für die „allgemeine überwachende Beobachtung“ ist vor einem möglichen Inverkehrbringen von GVO der Ist-Zustand (baseline) des Ökosystems, in das die GVO eingebracht werden, zu dokumentieren. So können eventuelle Veränderungen, verursacht durch das Inverkehrbringen der GVO, erkannt werden.

Am Bayerischen Landesamt für Umweltschutz werden in einem ersten Projekt Methoden für eine fallspezifische Überwachung bei Anbau von herbizidtoleranten Raps (HR-Raps) erarbeitet. In einem zweiten Projekt werden in drei naturnahen Biotopen Methoden für die allgemeine überwachende Beobachtung entwickelt. In beiden Fällen werden zunächst Parameter erhoben, mit denen im Untersuchungsgebiet der Ist-Zustand vor einem möglichen Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Pflanzen dokumentiert werden kann (baseline-Erhebung), die dann als Vergleichsdaten für ein späteres Langzeitmonitoring dienen können.

Als Untersuchungsgebiet wurde ein Areal der Größe 5.700 ha ausgewählt, das in Niederbayern, zwischen Neustadt a.d. Donau und Kelheim liegt. Es eignet sich für die Entwicklung des Monitorings, da sich intensiv bewirtschaftete Äcker in unmittelbarer Nähe zu geschützten Biotopen befinden (Theenhaus et al. 2002). Man kann davon ausgehen, dass keine Fremdgene aus HR-Raps im Untersuchungsgebiet vorhanden sind, da es dort und in der Umgebung weder aktuelle noch ehemalige Freisetzungsfächen von gentechnisch veränderten Pflanzen gibt. Um die Kartierungen und deren Auswertung besser strukturieren zu können, wurde das Untersuchungsgebiet in 57 Rasterfelder der Größe von je 1 km² aufgeteilt.

Entwicklung einer fallspezifischen Überwachung von HR-Raps

Ein monitoringrelevantes Merkmal von Kulturraps ist die Tendenz, auch als dauerhafte Wildpopulation vorzukommen (Crawley et al. 1993). Weiterhin besitzt Kulturraps die

Fähigkeit zur Hybridbildung mit anderen Kreuzblüttern (Jakot und Jakot 1994, Scheffler und Dale 1994, Eber et al. 1994). Es ist möglich, dass HR-Raps mit anderen Kreuzblütlerarten Hybride bildet. Falls diese Hybride durch das Fremdgen einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Pflanzenarten besitzen (Pellmann et al 1998), könnte sich langfristig die Artenzusammensetzung und Verbreitung der Kreuzblütler in naturnahen Biotopen verändern.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde eine Methode erarbeitet und erprobt, mit der das Vorkommen und die Verbreitung aller Kreuzblütlerarten im gesamten Untersuchungsgebiet flächendeckend dokumentiert werden kann. Weiterhin haben wir Methoden entwickelt, mit dem festgestellt werden kann, ob im Untersuchungsgebiet verwilderter HR-Raps oder Hybride aus HR-Raps und anderen Kreuzblütlerarten vorkommen. Die gewonnenen Daten können als Vergleichsdaten für ein zukünftiges Langzeitmonitoring von HR-Raps dienen (baseline-Erhebung).

Eine Voraussetzung für die baseline-Erhebung ist, dass im Untersuchungsgebiet vor dem möglichen Inverkehrbringen von HR-Raps noch keine Fremdgene aus HR-Raps vorhanden sind. Um sicher zu sein, dass dies der Fall ist, wurden im Untersuchungsgebiet Rapspollen möglichst flächendeckend aufgefangen und anschließend molekulargenetisch hinsichtlich des Gehalts an Fremdgenen aus HR-Raps analysiert. Dafür wurden zwei Sammelmethoden von Rapspollen erprobt: a) die Beprobung von Rapshonig und b) das Auffangen von Rapspollen mit technischen Pollensammlern, die vom Ökologiebüro Hofmann im Rahmen eines BMU-Bund/Länder Vorhabens Bremen (FKZ 200 89 412) entwickelt wurden. Der Rapshonig wurde jährlich von den ansässigen Imkern gekauft. Im gentechnischen Überwachungslabor des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz wurde aus dem Honig der Rapspollen aufgereinigt und hinsichtlich des Gehalts an Fremdgenen aus HR-Raps analysiert (sondengestützte TaqMan-PCR; Zeitler et al. 2002).

In den Jahren 2000 bis 2002 wurden insgesamt vier Gesamtkartierungen des Untersuchungsgebietes durchgeführt (3 Frühjahrskartierungen jeweils in den Jahren 2000, 2001 und 2002 und eine Sommerkartierung im Jahr 2001), zwei weitere Gesamtkartierungen (eine Frühjahrs- und eine Sommerkartierung) finden im Jahr 2003 statt. Die Parameter, die im Rahmen der Kartierungen erhoben wurden, sind im Verlauf der Fortentwicklung des Projektes stetig verbessert worden. Im Probenahmehr Jahr 2002 wurden für jede Kreuzblütlerart folgende Parameter erhoben:

- Die Anzahl der Vorkommen pro Rasterfeld.
- Die Lage und die Grenzen jedes einzelnen Vorkommens. Sie wurden in eine Karte eingezeichnet. Mit den Daten wurde ein Geo-Informationssystem aufgebaut (ArcInfo 2002).
- Die Zahl der Individuen pro Vorkommen. Es wurde eine logarithmische Skala verwendet ($1, >1, >10, >100, >1000, >10000$ Individuen).

Die Ergebnisse verschiedener Kartierungen wurden mithilfe eines Geo-Informationssystems (Programm ArcView 2002) verglichen. Ein Ziel des Vergleichs zweier Kartierungen eines selben Jahres (Frühjahrs- und Sommerkartierung) ist es, herauszufinden, welcher Anteil der Vorkommen, die im Frühjahr auftreten, im Sommer desselben Jahres wieder kartiert werden. Anhand der Ergebnisse kann beurteilt werden, wieviele zusätzliche Informationen eine Sommerkartierung zur Frühjahrskartierung liefert. Ziel des Vergleichs der Kartierungsergebnisse zweier unterschiedlicher Jahre (z.B. Frühjahr 2001 und 2002) ist es, die Stetigkeit des Auftretens von Vorkommen zu dokumentieren.

Der Vergleich der Frühjahrs- mit den Sommerkartierungen zeigte, dass der Großteil der Kreuzblütlerarten im Frühjahr auftrat. Dieses Ergebnis könnte zu dem voreiligen Schluss führen, dass eine Sommerkartierung zusätzlich zur Frühjahrskartierung nur wenige weitere Informationen liefert. Der individuelle Vergleich der Kreuzblütervorkommen im Frühjahr und Sommer 2001 zeigte jedoch, dass viele Kreuzblütlerarten, die zu beiden Jahreszeiten auftraten, im Sommer ganz andere Vorkommen entwickelten, als im Frühjahr. Da sehr viele Kreuzblütlerarten im Sommer andere Vorkommen entwickelten als im Frühjahr und einige Arten ihren Verbreitungsschwerpunkt im Sommer hatten, halten wir eine Sommerkartierung zusätzlich zur Frühjahrskartierung im Rahmen einer fallspezifischen Überwachung von HR-Raps für sinnvoll.

Weiterhin wurde eine Methode entwickelt, mit der flächendeckend, aber mit einem vertretbaren Aufwand festgestellt werden kann, ob im Untersuchungsgebiet verwilderter HR-Raps oder Hybride aus HR-Raps und anderen Kreuzblütlerarten vorkommen. Wir haben von den 57 im Untersuchungsgebiet gefundenen Kreuzblütlerarten, neben Raps, diejenigen acht Arten ausgewählt, bei denen eine Hybridisierung mit Raps möglich erscheint (OECD 1997). Dies waren *Brassica oleracea*, *B. rapa*, *Dipotaxis muralis*, *Eructastrum gallicum*, *Raphanus raphanistrum*, *R. sativus*, *Sinapis alba* und *S. arvensis*. Von diesen Pflanzenarten haben wir nach einem festgelegten Schema jährlich im Untersuchungsgebiet Blattproben entnommen, die dann mit der sondengestützten TaqMan-PCR hinsichtlich des Vorhandenseins der drei für transgenen Raps

spezifischen Gene *eps*, *pat* und *bar*, analysiert wurden. In keiner der in den Jahren 2000 und 2001 gesammelten Blattproben waren gentechnische Veränderungen aus HR-Raps enthalten (die Analysen der Blattproben aus dem Jahr 2002 und 2003 sind noch nicht abgeschlossen). Dass keine Fremdgene in den Proben vorhanden sind, war zu erwarten, da es in der Nähe oder innerhalb des Gebietes weder aktuelle noch ehemalige Freisetzungsfächen von gentechnisch veränderten Pflanzen gibt. Mit der im vorliegenden Projekt erarbeiteten Routinebeprobung von ausgewählten Kreuzblütlerarten kann für ein relativ großes Areal mit vertretbarem Aufwand dokumentiert werden, ob Fremdgene aus gentechnisch verändertem Raps in einer Region vorhanden sind.

Entwicklung einer allgemeinen überwachenden Beobachtung in naturnahen Biotopen

Die Entwicklung von Methoden für die allgemeine überwachende Beobachtung findet in ausgewählten Biotopen, einer Auwiese und zwei Halbtrockenrasen, jeweils auf kleinen Referenzflächen (2m x 2m) statt. Im Jahr 2001 und 2003 wurden bzw. werden auf den Flächen pflanzensoziologische Aufnahmen erhoben und Bodenparameter bestimmt. Die Pflanzen- und Bodendaten werden mit der Kanonischen Korrespondenzanalyse (CCA) miteinander in Beziehung gebracht. Mithilfe der CCA kann die Varianz in der Artenzusammensetzung der Pflanzengesellschaft auf verschiedene Einflussvariablen, in diesem Fall die Bodenparameter, zurückgeführt werden (Ter Braak 1996). Dabei werden die Bodenparameter herausgefiltert, die die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft maßgeblich bestimmen. Ziel ist es, die Biotope über lange Zeiträume sehr genau zu beschreiben. Bei auftretenden Veränderungen in den Biotopen sollen Hypothesen über die Ursachen der festgestellten Veränderungen, z.B. der Anbau von GVO mit seinen direkten und indirekten Wirkungen auf Ökosysteme, aufgestellt werden. Die Hypothesen müssen dann in gezielten Labor- oder Freilandversuchen überprüft werden.

Literatur

- ArcInfo (2002): A geographic information system by Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI), version 8.2, Redlands, CA, USA.
- ArcView (2002): A geographic information system by Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI), version 8.2, Redlands, CA, USA.
- Crawley MJ, Hails RS, Rees M, Kohn D, Buxton J (1993): Ecology of transgenic oilseed rape in natural habitats. Nature 363, 620-623.
- Eber F, Chevre AM, Baranger A, Vallee P, Tanguy X, Renard M (1994): Spontaneous hybridization between a male-sterile oilseed rape and two weeds. Theoretical and Applied Genetics 88, 362-368.

Jakot Y, Jakot P (1994): Application du génie génétique à l'agriculture: Evaluation des dangers potentiels pour la flore suisse. Office Fédérale de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.

OECD (1997): Consensus Document on the Biology of *Brassica napus* L. (Oilseed Rape). Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No. 7; OECD, Paris.

Pellmann H, Reißer W, Theophilou S, Schlegel M (1998): Begleitforschung zu Freisetzungen gentechnisch veränderter Pflanzen in Sachsen. Bundesgesundheitsblatt 12, 552-559.

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. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 44. Jahrgang, 17. April 2001, 1-38.

Scheffler JA, Dale PJ (1994): Opportunities for gene transfer from transgenic oilseed rape (*Brassica napus*) to related species. Transgenic Research 3, 263-278.

Ter Braak CJF (1996): Unimodal models to relate species to environment. DLO-Agricultural Mathematics Group, Wageningen, 266 Seiten.

Theenhaus A, Zeitler R, von Brackel W, BotschH-J, Baumeister W, Peichl L (2002): Langzeitmonitoring möglicher Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen auf Pflanzengesellschaften. Konzeptentwicklung am Beispiel von Raps (*Brassica napus*). UWSF – Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 14 (4), 229–236.

Traxler A, Heissenberger A, Frank G, Lethmayer C, Gaugitsch H (2000): Ökologisches Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.

Zeitler R, Pietsch K, Waiblinger HU (2002): Validation of Real-time PCR methods for the Quantification of transgenic contaminations in rape seed. European Food Research and Technology 214, 346-351.

Die Projekte werden vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) finanziert.

Entwicklung eines Monitoring ökologischer Auswirkungen von herbizidtolerantem Raps

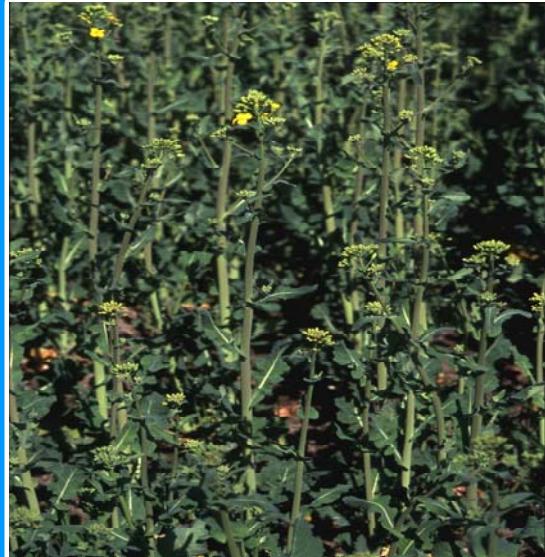


Foto: von Brackel



Finanziert durch:

- **Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen**
- **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (über das Umweltbundesamt)**

Durchführung:

Dr. Anne Theenhaus
Dr. Reinhard Zeitler
Wolfgang von Brackel
Helmut-Julius Botsch
Dr. Ludwig Peichl



Problembereich 1

HR-Raps tritt außerhalb von Schlägen auf

Ursache: Saatgut von HR-Raps gelangt außerhalb der Schläge in den Boden und keimt aus.

Primärwirkung a: Der HR-Raps ist nach wenigen Jahren wieder verschwunden.

Primärwirkung b: Der HR-Raps vermehrt sich, da er durch das Fremdgen /die Fremdgene eine erhöhte Fitness aufweist.

Sekundärwirkung zu Primärwirkung b:
Andere Pflanzenarten werden verdrängt.



Problembereich 2

Fremdgene aus HR-Raps sind in verwandten Kreuzblütlern oder spontan auftretendem Raps vorhanden

Ursache: HR-Raps hybridisiert mit verwandten Kreuzblütlern bzw. spontan auftretendem Raps.

Primärwirkung a: Keine Veränderung der Eigenschaften der betreffenden Kreuzblütlerart.

Primärwirkung b: Die Fremdgene führen zu einer erniedrigten Fitness der betreffenden Kreuzblütlerart, die Fremdgene sind nach nur wenigen Jahren verschwunden, evtl. auch die betreffende Art.

Primärwirkung c: Die Fremdgene führen zu einer erhöhten Fitness, überdauern in den Vorkommen über Jahre und breiten sich weiter in andere Vorkommen der betreffenden Kreuzblütlerart aus.

Sekundärwirkung zu Primärwirkung c: Die betreffende Pflanzenart breitet sich aus, andere Pflanzenarten werden verdrängt.

Untersuchungsparameter zu Problembereich 1

HR-Raps tritt außerhalb von Schlägen auf

**Vorkommen und Verbreitung von spontan
auftretendem Raps.**

**Vorkommen von Fremdgenen aus HR-Raps in spontan
auftretendem Raps**

**Pflanzensoziologische Bestandsaufnahme und
Erhebung von Bodenparametern auf repräsentativen
Flächen**



Untersuchungsparameter zu Problembereich 2

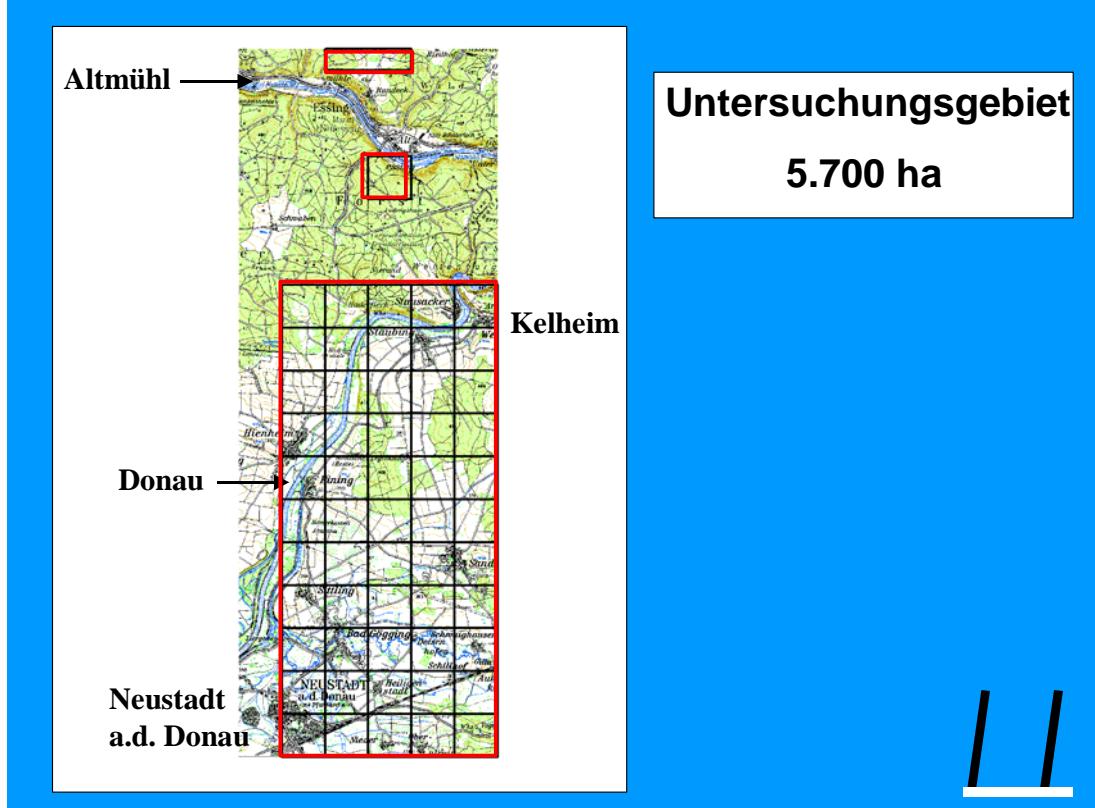
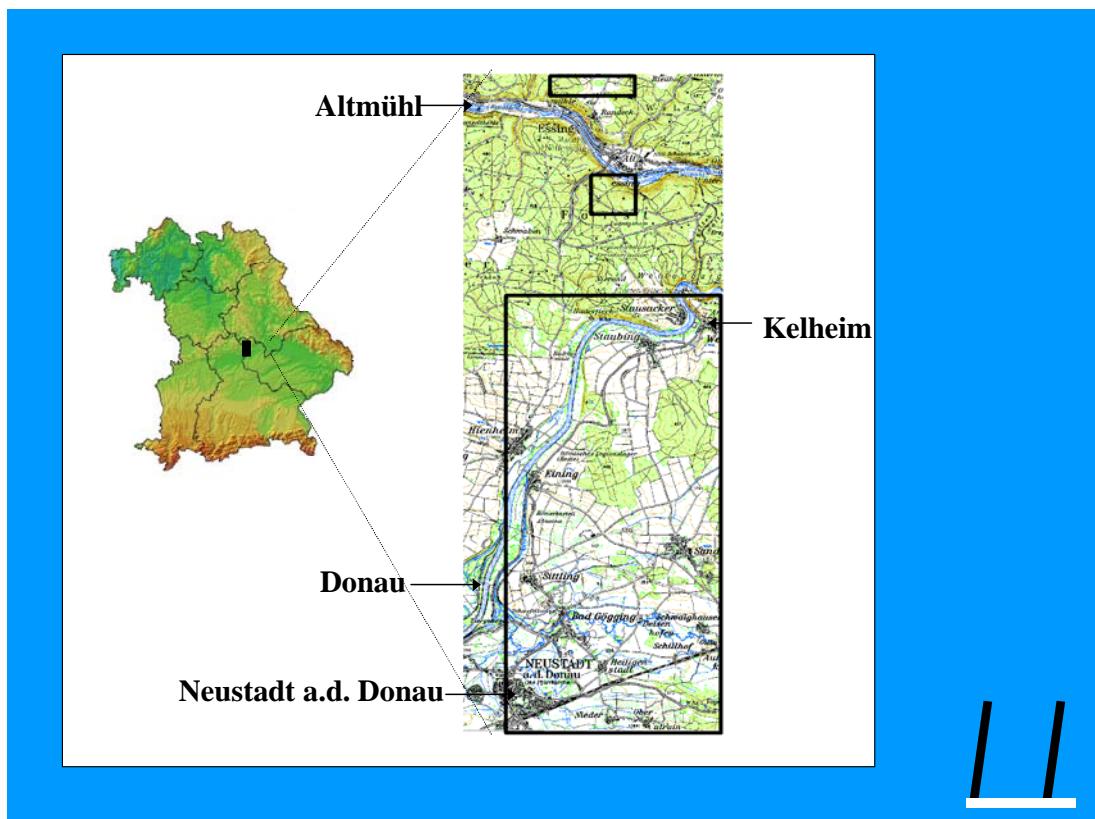
Fremdgene aus HR-Raps sind in verwandten Kreuz- blütlern oder spontan auftretendem Raps vorhanden

**Vorkommen und Verbreitung möglicher
Kreuzungspartner**

**Vorkommen von Fremdgenen aus HR-Raps in
Vorkommen möglicher Kreuzungspartner**

**Pflanzensoziologische Bestandsaufnahme und
Erhebung von Bodenparametern auf repräsentativen
Flächen**





Darstellung des Ist-Zustands im Untersuchungsgebiet vor!! dem Inverkehrbringen von GVP

- Exposition

Vorkommen transgener Pollen

- Persistenz und Verbreitung

**Vorkommen von Raps und möglichen
anderen Kreuzungspartnern**

- Ökologische Folgen

**Pflanzensoziologische Bestandsaufnahme und
Erhebung von Bodenparametern auf
repräsentativen Flächen**



Expositionsparameter

Transgengehalt von Pollen aus

- Rapshonig**
- Pollenpassivsammlern**



Exposition

Flächendeckende
Aufsammlung
von Pollen

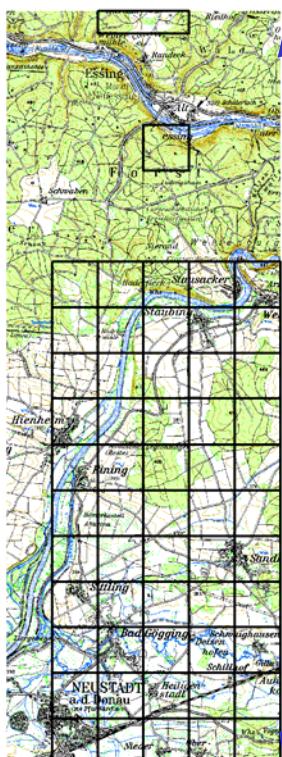


- Bienenstand und Pollensammler



Persistenz und Verbreitung

Vorkommen von Raps und möglichen anderen Kreuzungspartnern



Parameter zur Persistenz und Verbreitung

- Die Anzahl der Vorkommen aller Kreuzblütler pro Rasterfeld
- Die Zahl der Individuen pro Vorkommen
- Lage und Grenze jedes Vorkommens



Definition von „Vorkommen“:

Ein „Vorkommen“ sind Einheiten von Individuen einer Art, die deutlich räumlich voneinander getrennt sind durch einen Abstand von mindestens 10 m *oder/und* eine unüberwindbare Barriere, wie z.B. eine breite asphaltierte Straße oder ein Gebäude. Bei angebauten Arten ist jeder Schlag ein Vorkommen, unabhängig davon, welchen Abstand die Schläge voneinander haben.



Ergebnisse zur Exposition

Weder in Proben von Pollensammlern noch in Honigproben wurden transgene Pollen gefunden.

Positive Befunde an Honig aus Kanada bestätigten die Analysenmethode.



Ergebnisse zu Persistenz und Verbreitung

Im Untersuchungsgebiet wurden 57 Kreuzblütlerarten kartiert, darunter 8 Arten, für die eine Hybridbildung mit Raps bekannt ist (OECD):

Brassica rapa (Rübsen)

Brassica oleracea (Gemüse-Kohl)

Diplotaxis muralis (Mauer-Doppelsame)

Eructastrum gallicum (Französische Hundsrauke)

Raphanus raphanistrum (Hederich)

Raphanus sativus (Radieschen)

Sinapis alba (Weißer Senf)

Sinapis arvensis (Acker-Senf)

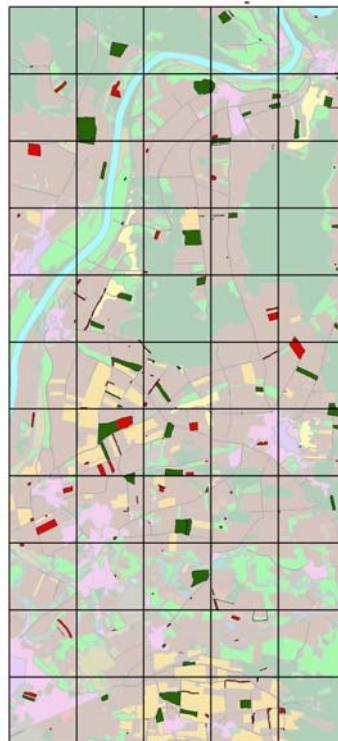


Frühjahrskartierung 2001

█ Rapsanbau (63 Äcker)

█ verwilderter Raps:
110 Vorkommen,
davon

20 x 1 Individuum
36 x 1-10 Ind.
31 x 10-100 Ind.
11 x 100-1000 Ind.
12 x >10.000 Ind.

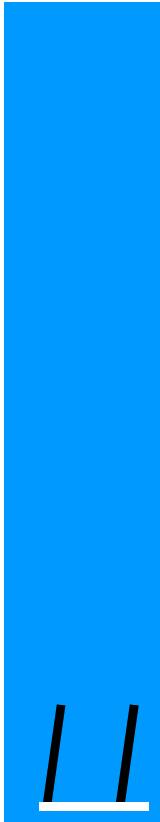


Frühjahrskartierung 2002

█ Rapsanbau
(117 Äcker)

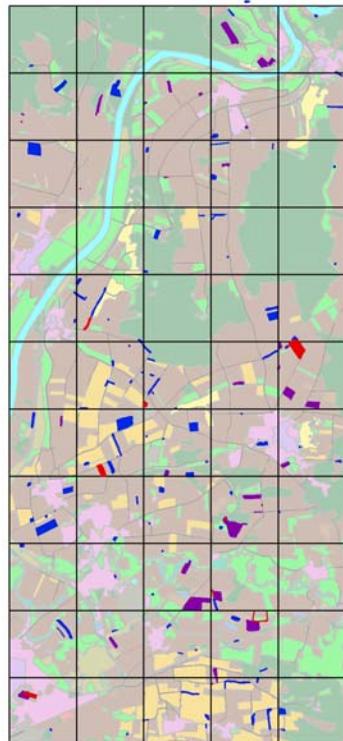
█ verwilderter Raps:
45 Vorkommen,
davon

9 x 1 Individuum
9 x 1-10 Ind.
9 x 10-100 Ind.
6 x 100-1000 Ind.
2 x 1000-10.000 Ind.
10 x >10.000 Ind.



Frühjahrskartierung 2001 und 2002

- verwilderter Raps 2001 (110 Vorkommen)
- verwilderter Raps 2002 (45 Vorkommen)
- Rapspopulationen, die in beiden Jahren auftraten (9 Populationen)



Frühjahrskartierung 2002

- Rübsenanbau (26 Äcker)
- verwilderter Rübsen:
12 Vorkommen,
davon
 - 1 x 1-10 Ind.
 - 6 x 10-100 Ind.
 - 4 x 100-1000 Ind.
 - 1 > 10.000 Ind.



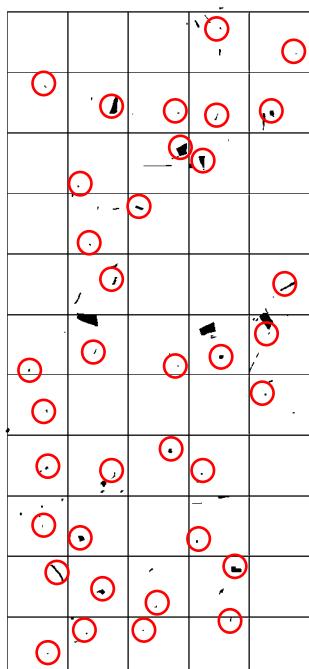
Transgenengehalt von Blattproben ausgewählter Kreuzblütlerarten

Entwicklung einer Methode, mit der

- flächendeckend und
- mit vertretbarem Aufwand

untersucht werden kann, ob sich

Fremdgene in die Kreuzblütervorkommen ausbreiten.



Nachweis von Fremdgenen in neun Kreuzblütlerarten
(Beispiel: Frühjahrskartierung *Sinapis arvensis*, 2001):

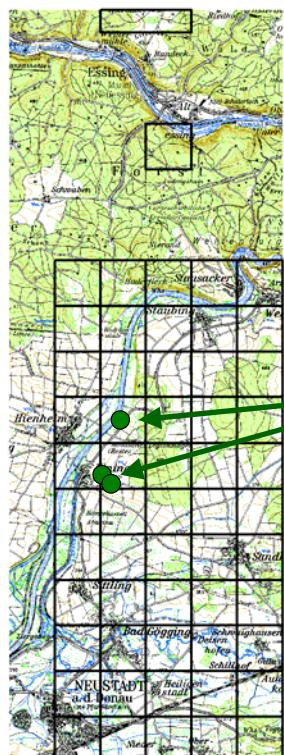
Entnahme von Routineproben aus je einem zufällig ausgewählten Vorkommen pro Rasterfeld (1 qkm).

Molekulargenetische Analyse mit der sondengestützten PCR-Technik



Parameter für ökologische Folgen

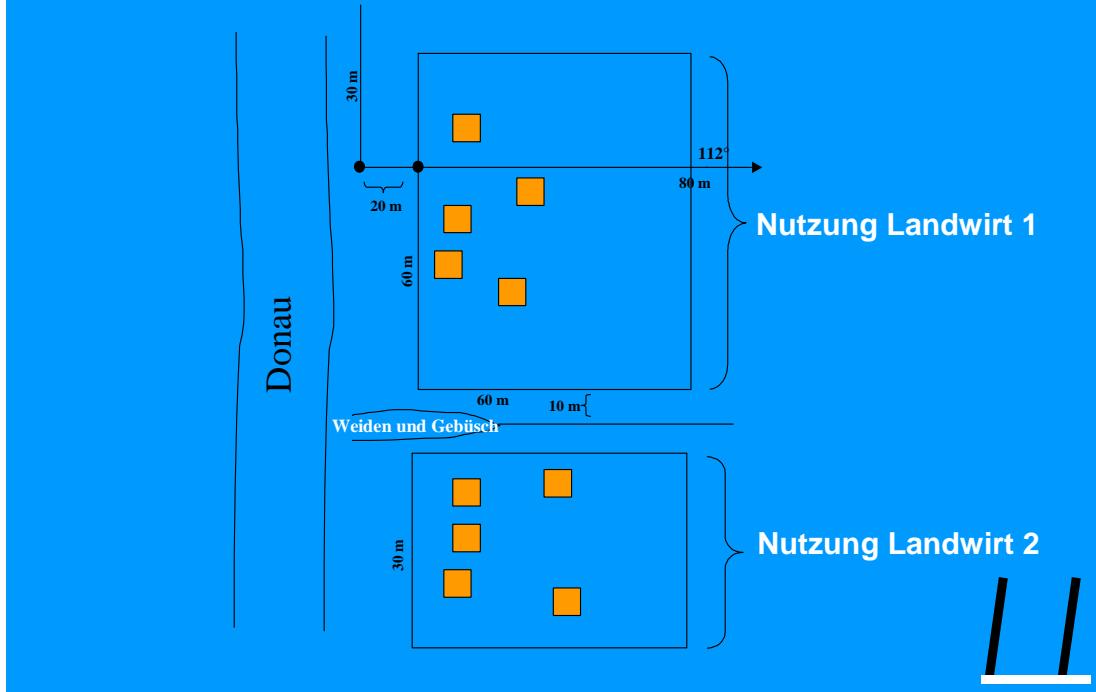
- Vollständige pflanzensoziologische Erhebung
- Boden - Basisparameter (pH, Ca, Mg, Al, K, Mn, B, Cu, Zn, Ct, Nt, NO₃-N, NH₄-N, PO₄³⁻, CaCO₃, SO₄-S.)



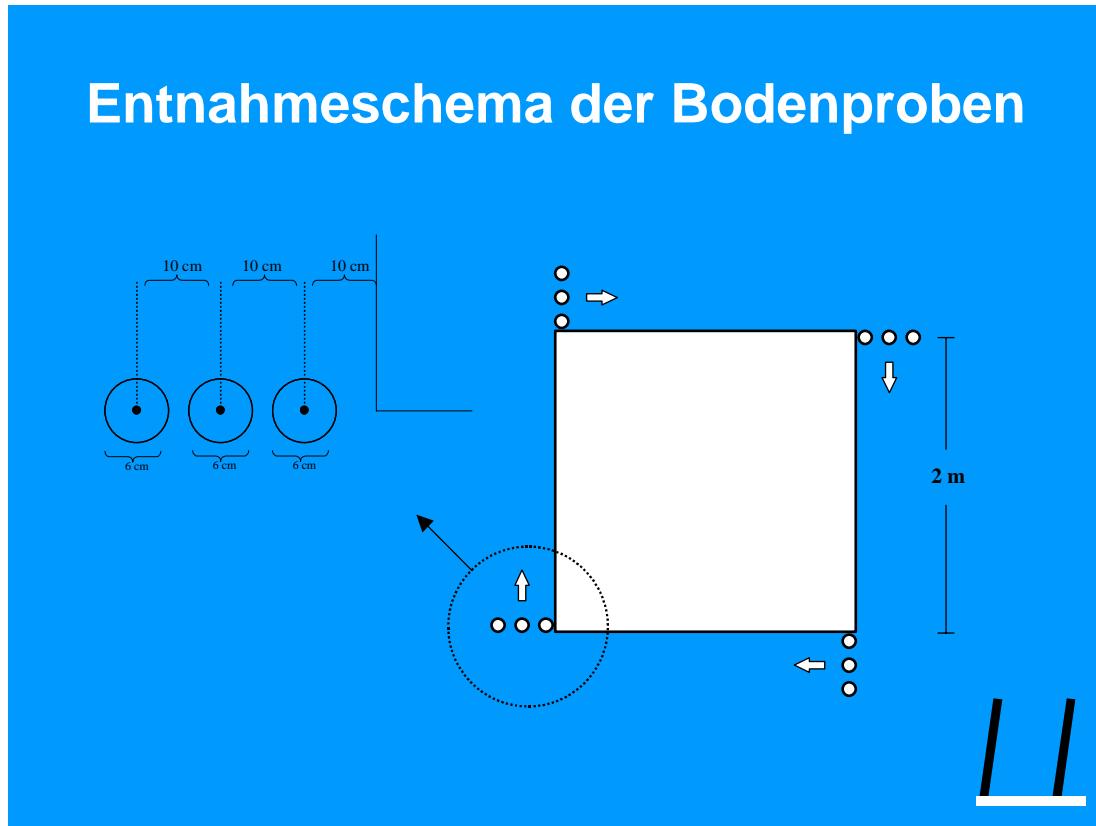
Ökologische Folgen
Pflanzensoziologische Bestandsaufnahme und
Erhebung von Bodenparametern auf
naturnahen repräsentativen Flächen
(1 Auwiese, 2 Halbtrockenrasen)



Design, z.B. auf der Auwiese



Entnahmeschema der Bodenproben



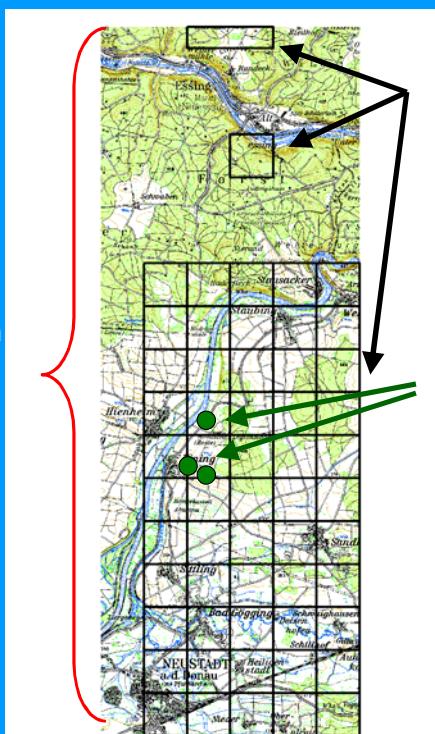
Ergebnisse zu ökologischen Folgen

Die Daten aus der pflanzensoziologischen Kartierung und die Bodendaten werden der Kanonischen Korrespondenzanalyse unterzogen und damit flächenbezogen die wichtigsten Parameter zur Beschreibung von Abhängigkeiten identifiziert



Untersuchungsgebiet Kelheim (Fläche 5.700 ha)

Exposition
Pollensammeln
- Rapshonig
- Passiv-sammler



Persistenz und Verbreitung der Fremdgene
- Vorkommen von möglichen Kreuzungspartnern
- Entnahme von Blättern ausgewählter Kreuzblütlerarten
- molekulargenetische Analysen

Ökologische Folgen in naturnahen Biotopen
- pflanzensoziologische Aufnahmen
- Bodenanalysen
- Auswertung mit multivariater Statistik



Technische und biologische Pollenakkumulatoren und PCR-Screening für eine erste Stufe eines GVP-Umweltmonitorings

Modellprojekt zum Langzeitmonitoring von GVP: Bremen

F. Hofmann^{1,2}, U. Schlechtriemen², W. Wosniok³, M. Foth⁴, B. Seiffert⁴, G. Breitfuß⁵, W. von der Ohe⁶, K. von der Ohe⁶; V. Dietze^{7,8}, E. Schultz⁸, B. Tappeser⁹

I. Problemstellung und Ziel

Ein grundlegendes Problem bei der Umsetzung eines Umweltmonitorings von GVP ist darin zu sehen, dass auf der einen Seite einer (zunehmenden) Vielfalt an GVP und deren möglichen unterschiedlichen Wirkungen durch eine entsprechend angemessene Vielfalt an spezifischen Methoden Rechnung zu tragen ist, auf der anderen Seite jedoch, um die Zielstellung eines Monitoring in Abgrenzung und Ergänzung zu punktueller Ökosystemforschung zu erfüllen, eine bundesweit und naturraumrepräsentative Ausgestaltung erforderlich ist. Nur bei einer ausreichenden Messnetzdichte lassen sich die im Eckpunktepapier der Bund-Länder-AG genannten Aufgaben und Ziele, wie z.B. die Frage nach der Verbreitung von GVP, deren dynamischer Entwicklung sowie die Frage nach Referenzbereichen und –zuständen, solide erfüllen. Ein Lösungsansatz hierfür könnte in einem hierarisch gestuften Monitoringkonzept liegen.¹⁰

Ziel dieses Vorhabens war es, hierfür ein standardisierbares Monitoring-Verfahren für die raum-zeitliche Dokumentation von Eintrag und Verbreitung von GVP zu entwickeln. Hierbei wurde auf bereits jetzt verfügbare technische und biologische Methoden zur Erfassung der Pollenverbreitung und PCR-Screening angeknüpft, so dass mit einer möglichst zeitnahen Umsetzung der ersten Stufe eines bundesweiten, naturraumrepräsentativen Messnetzes zur Umweltüberwachung von GVP begonnen werden kann.

II. Projektbeschreibung In dem Vorhaben wurde der Pollen-Massen-Filter PMF^{© 11} entwickelt und in Kombination mit dem Passivsammler Sigma-2¹² als technische Pollensammler eingesetzt. Als biologischer Pollenakkumulator kam die Honigbiene zum Einsatz. Die Pollenproben des Sigma-2 wurden visuell unter Zuhilfenahme von bildanalytischen Verfahren zur Bestimmung der Pollenkonzentration in der Luft verwendet. Die PMF-Proben dienten der molekularbiologischen DNA-Analyse auf einen GVP-Eintrag mittels PCR. Die Pollen in den Honig- und Bienenbrotproben wurden ebenfalls mikroskopisch ausgezählt und die DNA mit der PCR analysiert. Das Verfahren ist in Abb. 1 skizziert.

III. Freilandprüfungen

Die Validierung erfolgte anhand definierter Pollengradienten in der Umgebung von Freisetzungsfächern von transgenem HR-Raps, Bt-Mais und VR-Zuckerrübe.¹¹ Es wurden 2001 insgesamt 81 Standorte in der Umgebung von GVP-Versuchsfeldern in Raumzellen bis zu 8 x 8 km² Flächengröße und in entsprechenden Referenzgebieten nach Vorgaben aus Pollenausbreitungsmodellen in unterschiedlichen Entfernung und Windrichtungen

dergestalt mit technischen Sammlern und Bienenstöcken bestückt, dass Gradientenprüfungen über mehrere Größenordnungen erfolgen konnten.

IV. Ergebnisse

In den Proben aus den technischen Sammlern sowie im Honig- und Bienenbrot wurden die Pollen der Kernarten Raps, Mais und Zuckerrübe sowie zahlreicher weiterer Kultur- und Wildpflanzen erfasst. Der PCR-Nachweis von GVP gelang nach Vorversuchen prinzipiell den Matrices. Bei den technischen Sammlern wurden die Gradienten des Polleneintrages aus den GVP-Feldern abhängig von Windrichtung, -stärke und Entfernung bis hin zu einer Baseline im Raum reflektiert. Die Resultate im Bienenhonig waren von den meteorologischen Ausbreitungsverhältnissen unabhängig und repräsentierten das aktive Sammelverhalten der Honigbienen. Beide Verfahren ergänzten sich ideal zur Überwachung eines Raumes.

V. Fazit

Die Ergebnisse belegen die Eignung des Verfahrens für ein Umweltmonitoring von GVP. Dies eröffnet einen Weg für die geforderte zeitnahe Umsetzung einer ersten Stufe im Hinblick auf Dokumentation von Eintrag und Verbleib von GVP.

Das Verfahren ist kostengünstig und eignet sich zur Umsetzung in einem bundesweiten und naturraumrepräsentativen Messnetz mit adäquater Messnetzdichte. In Anlehnung

an bereits existierende andere Monitoringverfahren in der EU [s. beispielsweise Richtlinie VO (EWG) 3528/86] empfiehlt sich, abgesehen von Verdichtungsräumen, eine mittlere Raumzellengröße von 256 km² (16x16 km) für signifikante Aussagen (entspricht einer Messnetzdichte von mindestens 4 Zellen pro 1000 km²). Die dafür erforderliche Konfiguration der Sammler sowie noch offene methodische Aspekte zum PCR-Nachweis werden derzeit im Rahmen des Vorhabens Bayern III geprüft.

Eine derartige erste, konstruktübergreifende Stufe kann als Filter- und Lenkungsinstrument für die effiziente Ausgestaltung eines bundesweiten Monitorings in Form eines hierarchischen Stufenkonzeptes dienen.

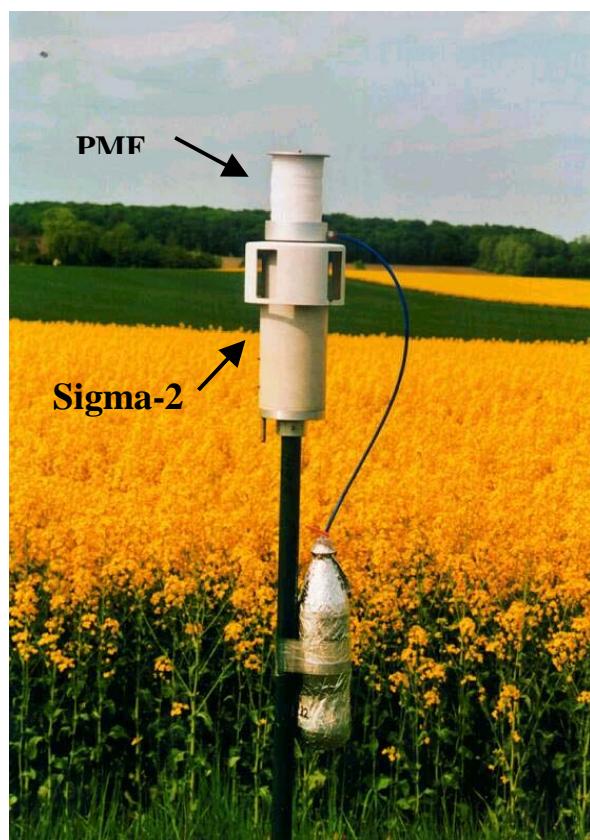
Kontakt: Dipl.-Biol. Frieder Hofmann, Ökologiebüro, Rennstieg 25, 28205 Bremen
Tel.: 0421-706474, Fax: -74106, Email: f.hofmann@oekologiebuero.de

1 Ökologiebüro, Bremen; 2 TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR, Nörten-Hardenberg/Bremen; 3 Institut f. Statistik, Univ. Bremen; 4 GeneScan Analytics GmbH, Bremen; 5 Breitfuß Messtechnik GmbH, Harpstedt; 6 Niedersächsisches Landesinstitut f. Bienenkunde, Celle; 7 SSP Sampler System Products, Horben; 8 Deutscher Wetterdienst, GF Medizin-Meteorologie, Freiburg; 9 Öko-Institut, Freiburg; 10 Für vergleichbare Ansätze siehe Waldzustandsüberwachung in der BRD und EU und deren Eingliederung in übergeordnete Beobachtungsprogramme (Level-I, Level-II, Wald-Ökosystemforschung, Integrierte Umweltbeobachtung). 11 Eingetragenes Gebrauchsmuster DE 201 17 632.7; 12 VDI (Verein Deutscher Ingenieure) (1997): Messung partikelförmiger Niederschläge. Mikroskopische Unterscheidung und Größenfraktionierte Bestimmung der Partikeldeposition auf Haftfolien. Probenahmegerät Sigma-2. Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN. VDI/DIN Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd. 4, VDI-Richtlinie 2119, Blatt 4, VDI, Düsseldorf; 13 Für die Unterstützung danken wir den beteiligten Institutionen aus den Ländern Bayern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen sowie der BBA, der RWTH, Aventis Crop Science, KWS, der Bremer Erfrischungsgetränke GmbH, den Bieneninstituten und den beteiligten Imkern vor Ort. Gefördert mit Mitteln des Landes Bremen (Der Senator für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales, Der Senator für Bau und Umwelt, BIA – Bremer Innovations-Agentur GmbH) und durch das Bundesumweltministerium (BMU). Im Auftrag des Umweltbundesamts.

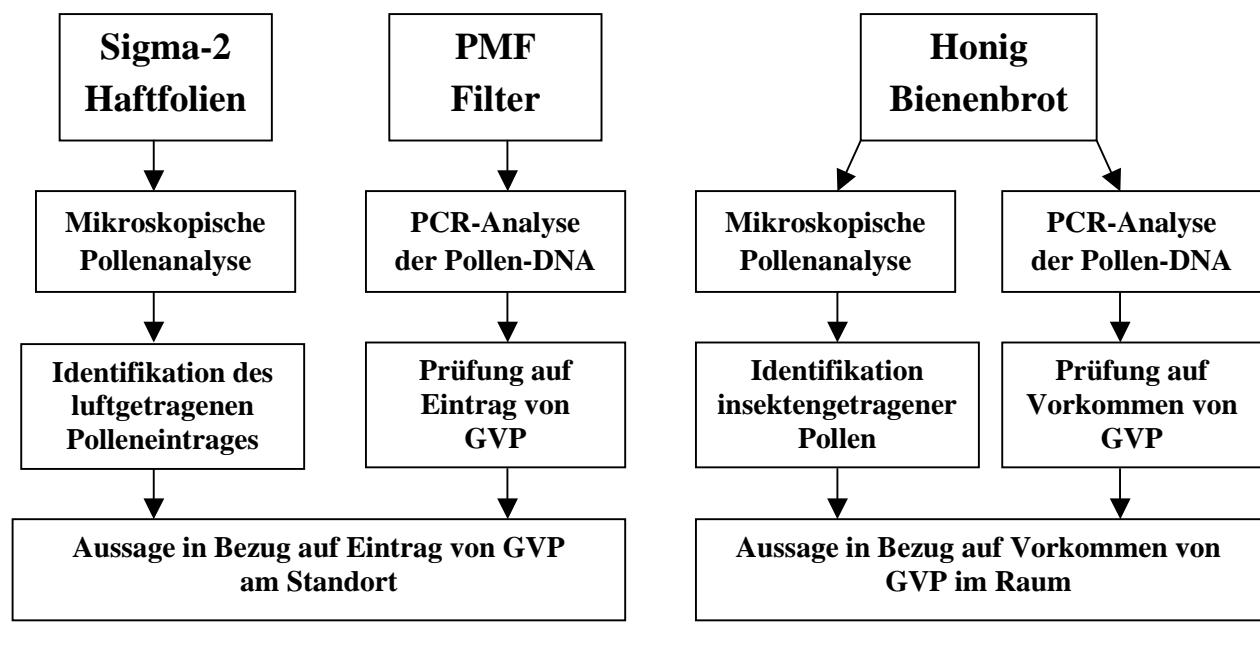
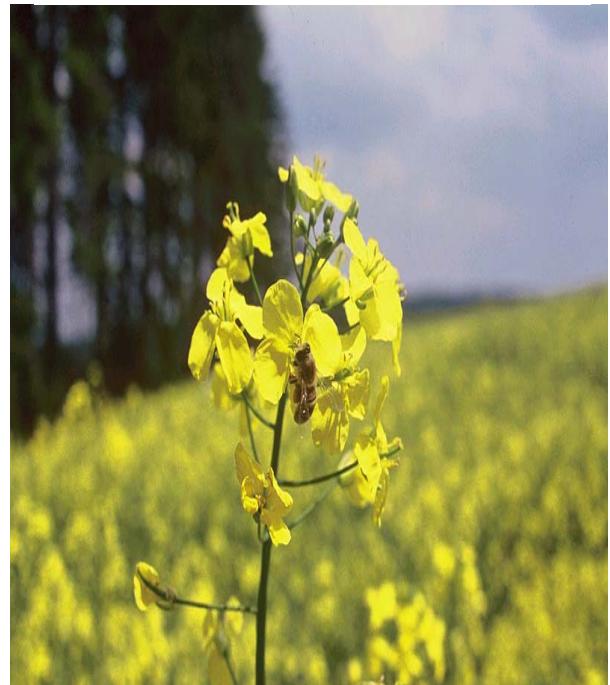
Abb.1 (Seite 36): Technischer und biologischer Pollensammler: PMF / Sigma-2 und Honigbiene.

Die jeweils zugeordneten Aufgaben und Ziele werden skizziert.

**Technischer Pollensammler
PMF / Sigma-2**



**Biologische
Pollensammlerin
Honigbiene**



→ **Dokumentation von Eintrag und Verbreitung von GVP über Pollen**

GVP - Pollenmonitoring

F. Hofmann, Ökologiebüro
U. Schlechtriemen, TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR
M. Foth, GeneScanAnalytics GmbH
W. Wosniok, Institut für Statistik, Universität Bremen

unter Mitwirkung von:

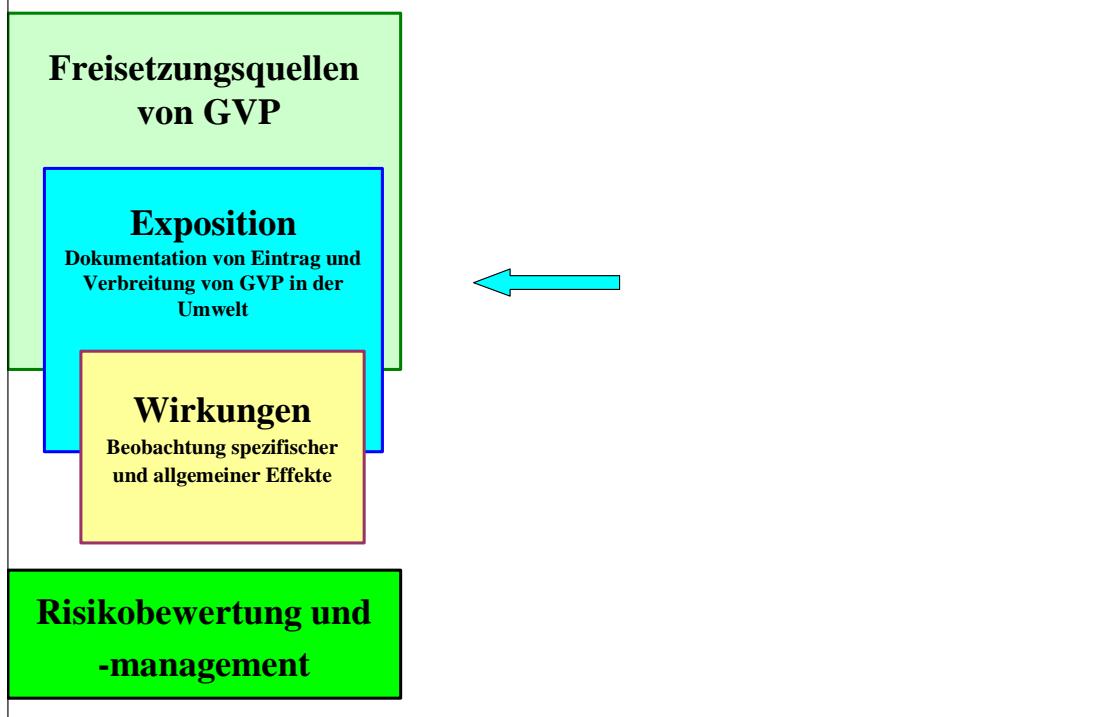
G. Breitfuß, Breitfuß Messtechnik GmbH **V. Dietze, Dr. E. Schultz, DWD**
Dr. W. + K. von-der-Ohe, Nds. L.Inst.f.Bienenkunde **Dr. B. Tappeser, Öko-Institut Freiburg**

Gefördert mit Mitteln des Landes Bremen und durch das Bundesumweltministerium (BMU).
Im Auftrag des Umweltbundesamts

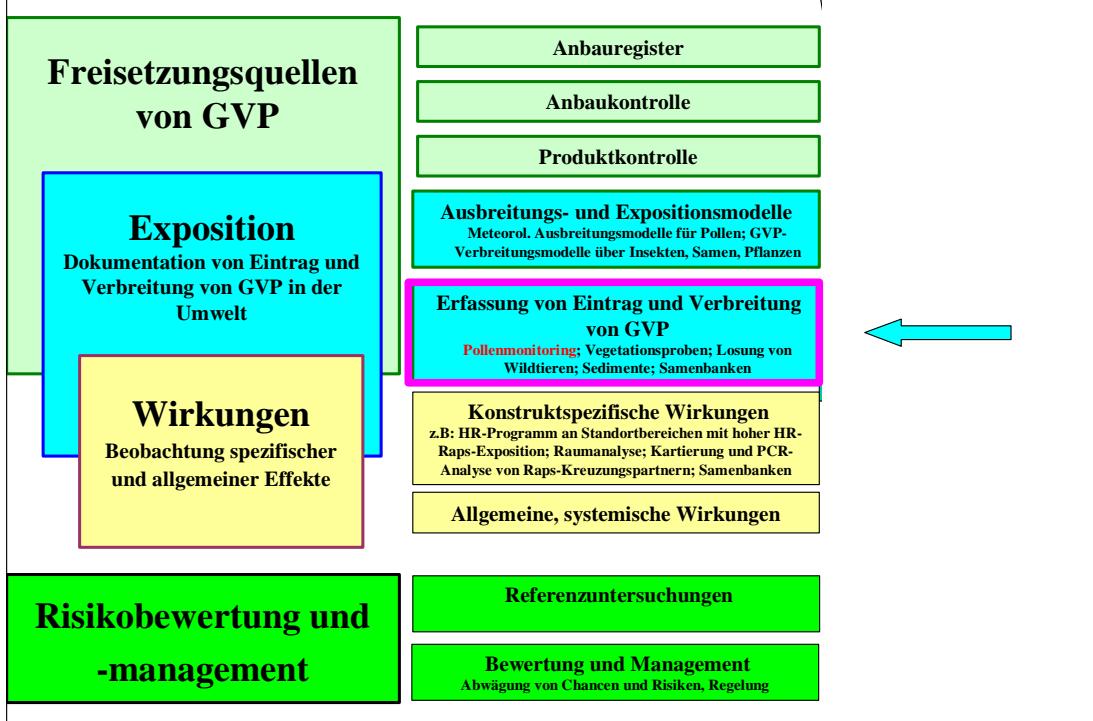
Wir bedanken uns bei allen Beteiligten für die freundliche Unterstützung und Kooperation:

- Den Ländern Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen
- NLO (Dr. Wieland, Dr. Hoffmann)
- LfU Augsburg (Dr. Theenhaus, Dr. Zeitler, Dr. Peichl)
- BBA (Prof. Dr. Bartels, Dr. Schiemann und Dr. Brasse mit MitarbeiterInnen)
- RWTH Aachen (Dr. Bartsch, Herr Vossen)
- Aventis Crop Science (Dr. Bühl, Dr. Harms)
- KWS (Dr. Matzke)
- den regionalen Imkerverbänden und örtlichen Imkervereinen
- 23 Standortimkern und 2 Wanderimkern
- Bayer. Landesanstalt f. Bienenzucht (Dr. Mautz)
- Herr Härtel, Amt f. Landwirtschaft, Deggendorf
- Nationalparkverwaltung Bayer. Wald, Forsch.St. Integr.Monitoring (Dr. Beudert)
- den FachbetreuerInnen des UBA (F. Berhorn, A. Miehe), des Landes Bremen (Dr. Probst, Dr. Gottwald) und der BIA (Dr. Schieferstein)

Umweltüberwachung von GVP



Umweltüberwachung von GVP



Vorhabensziele

**Entwicklung eines standardisierbaren Verfahrens für
die erste Stufe des GVP-Monitorings**

**Zukunftsnahe umsetzbar auf breiter Fläche, d.h. auch
mit hoher Fallzahl in einem bundesweiten,
naturraum-repräsentativen GVP-Monitoring**

Aufgaben

Entwicklung geeigneter Verfahren

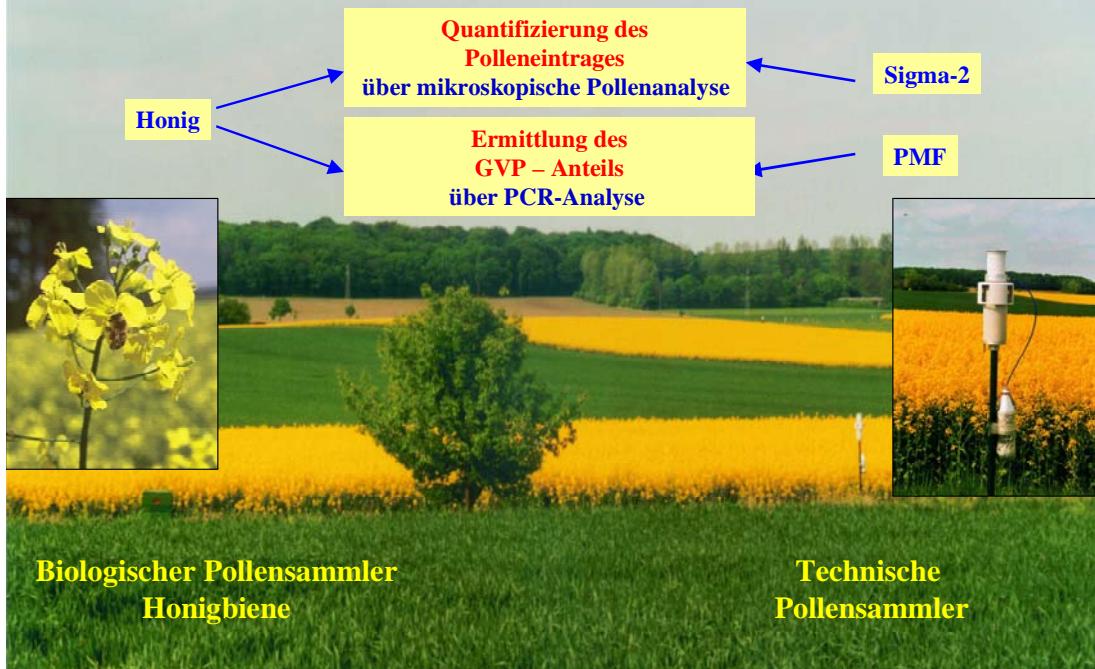
- Technische Pollensammler → luftbürtiger Polleneintrag
- Biologische Pollensammler → Verbreitung von GVP
- molekulabiologischer GVP-Nachweis → PCR

Validierung im Freiland für standardisierten Einsatz im GVP-Monitoring

- Nachweisgrenze, Sensitivität, Reproduzierbarkeit und Fallzahlen
- Methode: Gradientenprüfung in der Umgebung von
Freisetzungsfächen mit Parallelmessungen und Referenz

GVP-Pollenmonitoring

Technische und biologische Pollensammler mit PCR-Screening



Validierung im Freiland: Untersuchungsgebiete und GVP

Rapsperiode (April/Mai 2001)

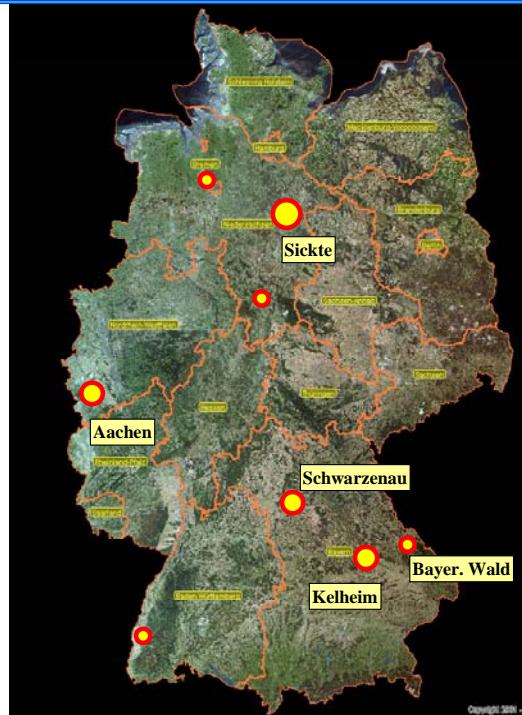
- Sickte - HR-Raps (Aventis)
 BBA, Vorhaben NLÖ, Nds
- Raum Kelheim - Referenz, Vorhaben LfU
- Bayer. Wald - Ref., Integr. Umweltbeob.

Sommerperiode (Juni-Aug 2001)

- Sickte - HR-Mais (KWS)
 BBA, Nds
- Aachen - VR-Zuckerrübe(KWS)
 - Bt-Mais (KWS)
 RWTH, NRW
- Schwarzenau - Bt-Mais

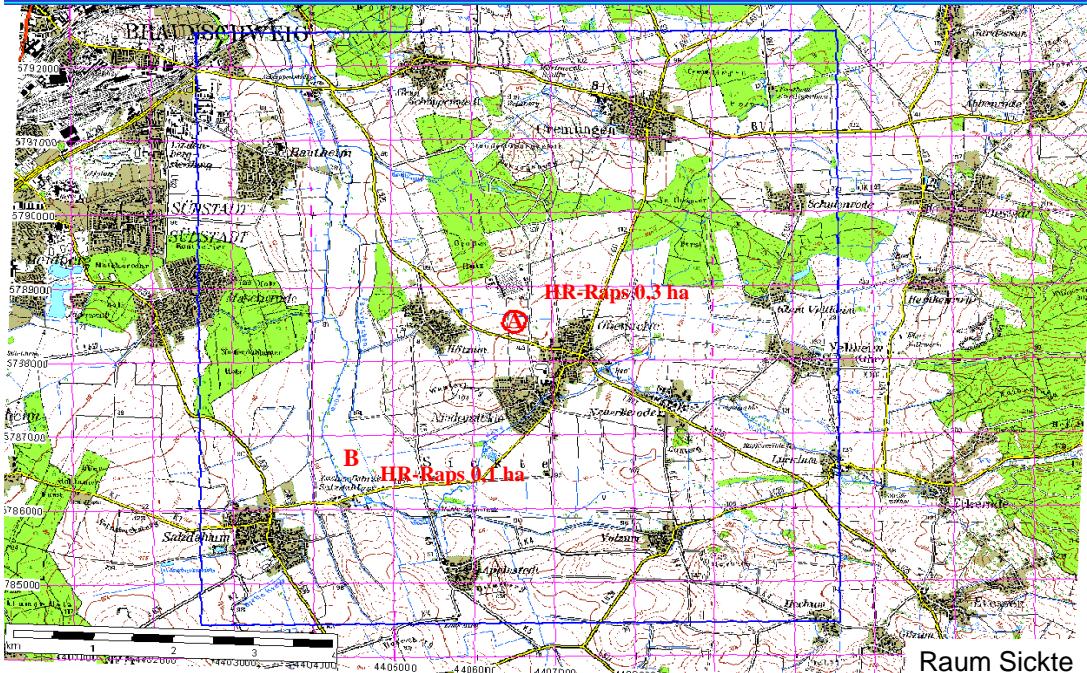
Ergänzend:

Bremen, Nörten-H., Freiburg - Referenz



Untersuchungsdesign

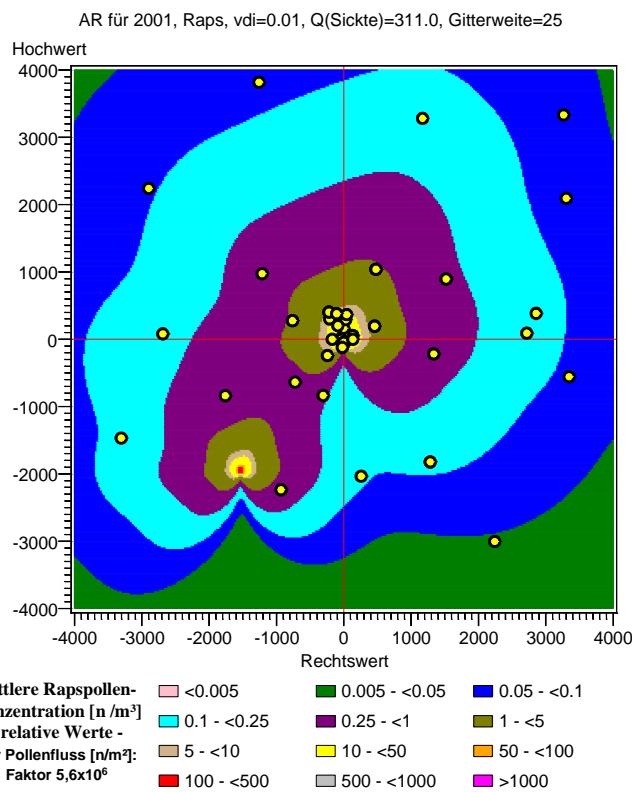
Gradientenprüfung GVP-Rapsfelder Sickte (A), Salzdahlum (B)



Verteilung der Rapsollenkonzentration aus den GVP-Feldern gemäß der Pollen-Ausbreitungsrechnung

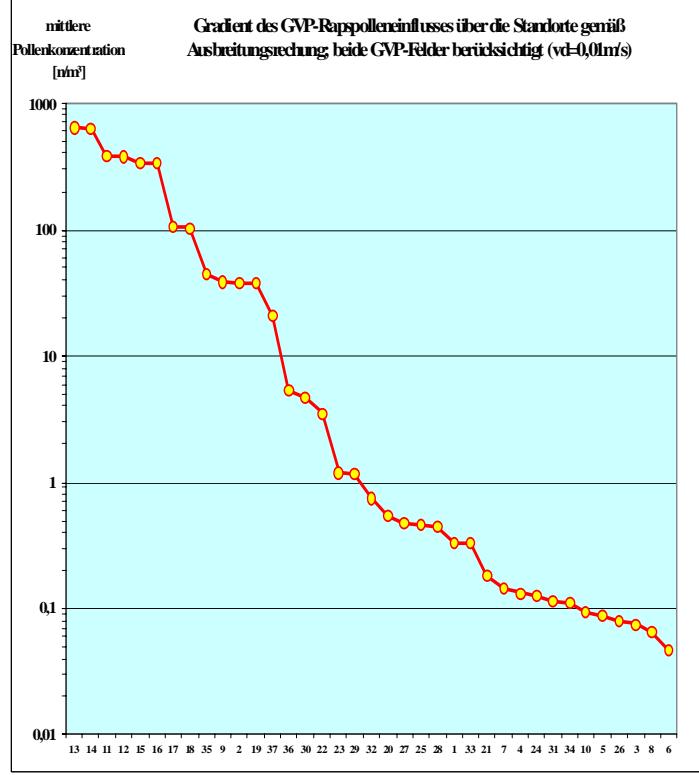
GVP-Rapsflächen
 - Hauptversuchsfeld bei Sickte im Zentrum
 - 2. Feld bei Salzdahlum links unten

Basis: Windverhältnisse 2001
Zeitraum:
 Blühperiode Raps
 20.4. – 28.5.2001
 relative Werte



Gradientenprüfung

Rapspollengradient über die Standorte (Relativwerte) gemäß Ausbreitungsrechnung aus beiden GVP-Rapsfeldern Windverhältnisse im Expositionszeitraum Blühperiode Raps 2001 T=34d 25.4.-29.5.01; $v_w=1,93$ m/s; $v_d = 0,01$ m/s;



Technische Pollensammler Sigma-2 mit Pollenmassenfilter PMF, Aufgabenteilung



Bestimmung des GVP-Eintrages

Analyse der Pollen-DNA per PCR
(qualitatives Screening, quantitative real-time PCR [TaqMan])

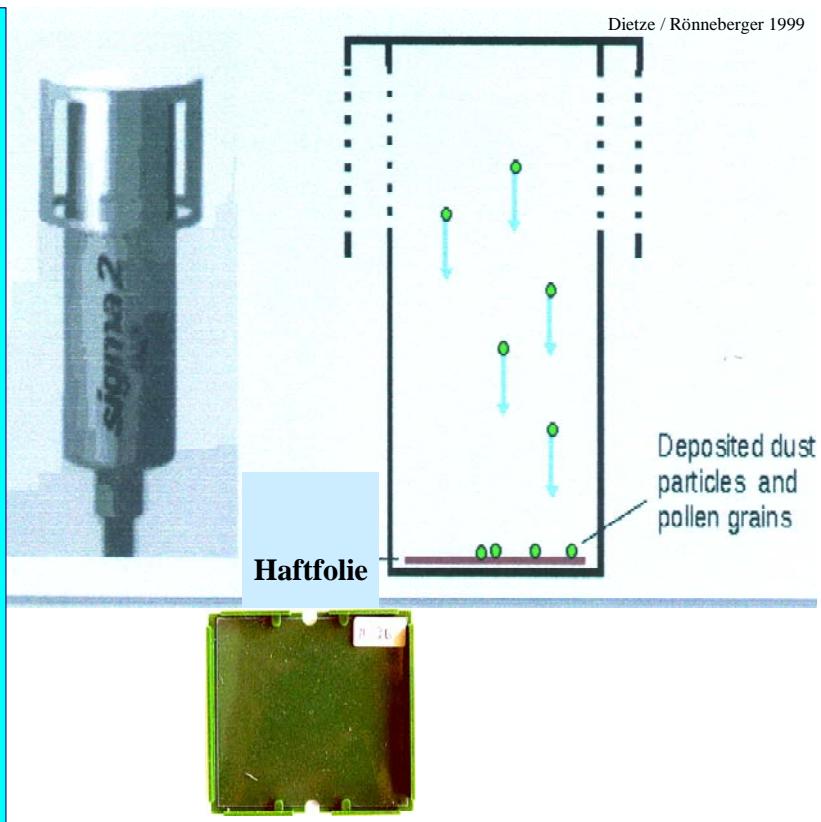
Bestimmung des Polleneintrages nach Art und Anzahl

Mikroskopische Pollenanalyse
(visuell und mit Bildanalyse)



Bau und Funktion des Passiv-sammlers Sigma-2

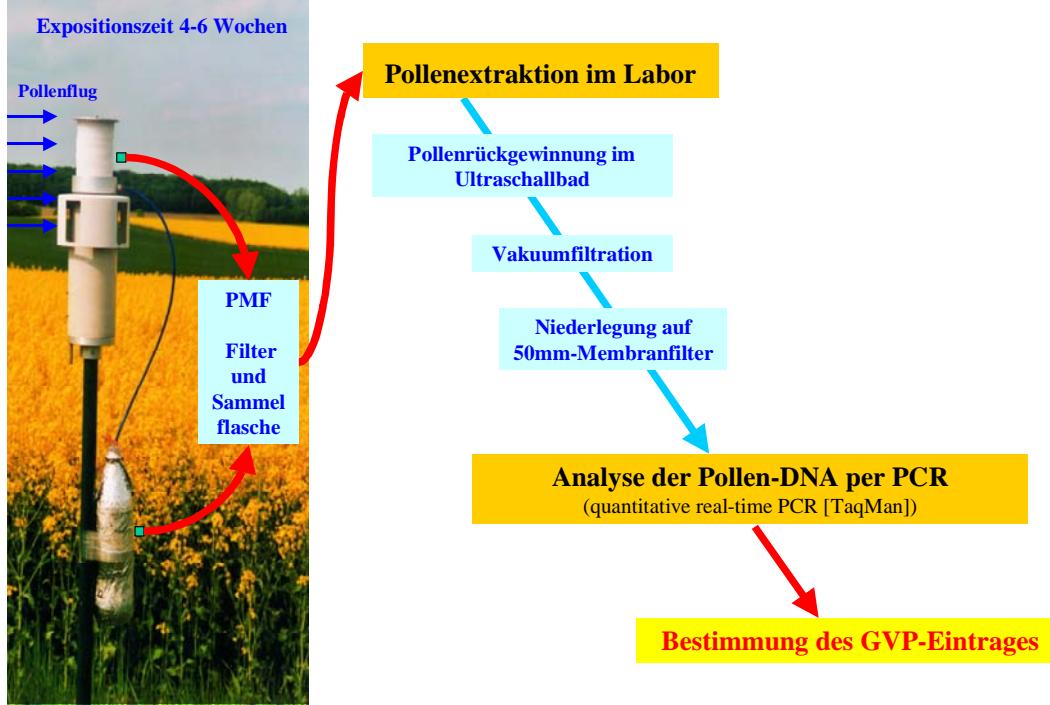
standardisiert nach
VDI-Richtlinie
2119 Bl. 4



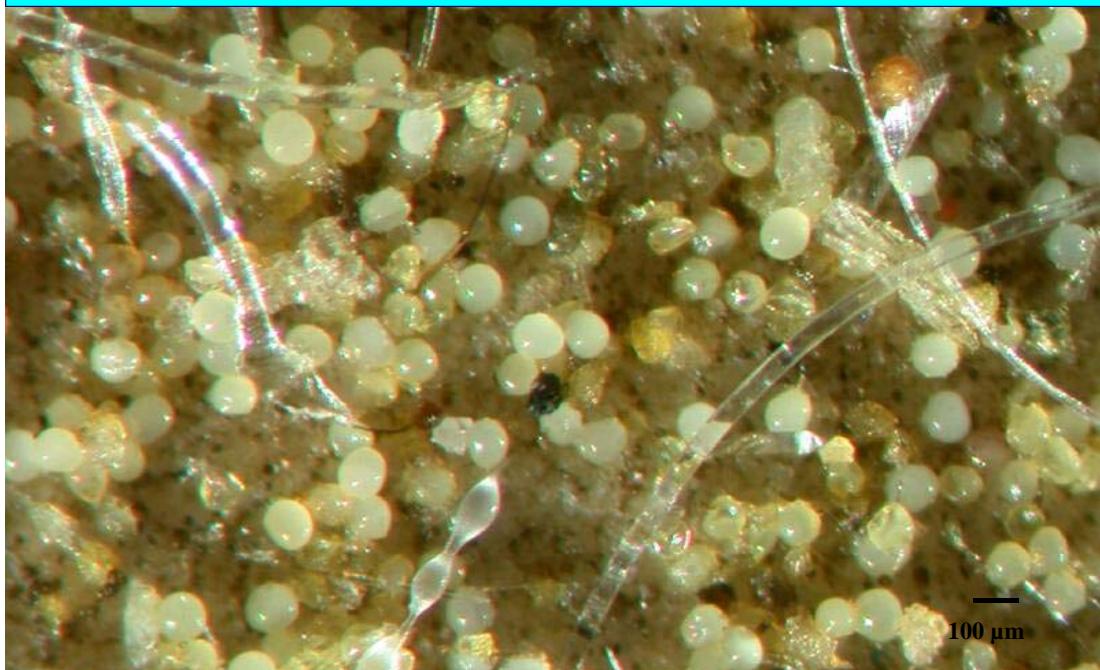
Ausschnitt einer Sigma-2 – Haftfolie unter dem Mikroskop
Belegung mit Staubpartikel und Pollen, Rapspollen markiert



Pollenmassenfilter PMF



**PMF-Filterkuchen mit Maispollen
unter dem Binokular (Auflicht, 160x)**



Biologische Pollensammlerin: Honigbiene (*Apis mellifera*)

beim Sammeln an einer Rapsblüte im Feld Sickte



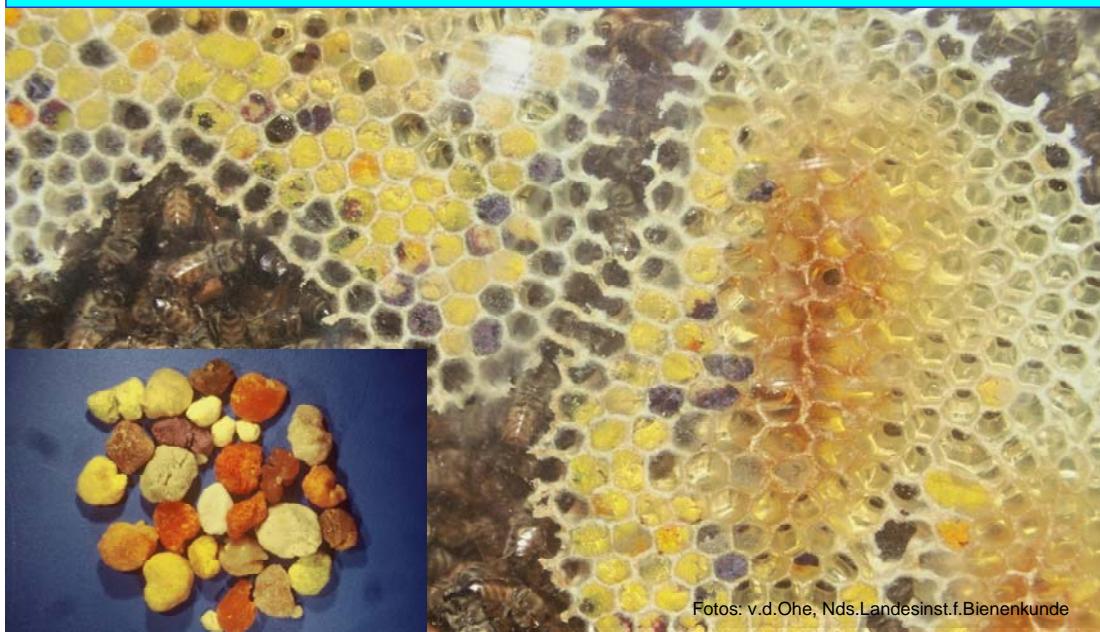
.v.d.Ohe,Nds.Landesinst.f.Bienenkunde



**Einsatz von
insges. 48 Völkern
(23 Standortimker;
3 Wanderimker)**

links: Transportable Beute

Matrix für GVP-Monitoring: Honig
glasige Waben: Nektar (Honig)
gelb-orange-farbige: Bienenbrot (Pollen)
unten: Bienenbrot, Farbe je nach eingelagerter Pollenart
→ Honig erwies sich als gut geeignet und praktikabel



Rapspollen im Honigpräparat unter dem Lichtmikroskop



Pollenarten im Honig

Anlage zu Befund / enclosure to finding: 2306/01 B 4

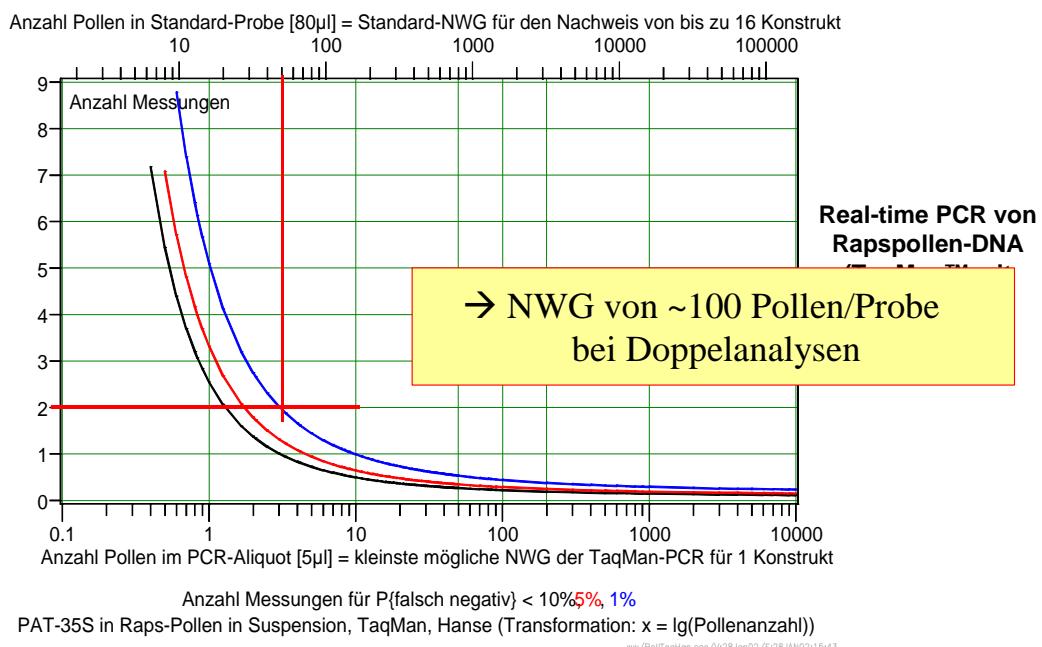
Acer / Ahorn / maple (Acer.)
Aesculus / Rosskastanie / horse chestnut (Hip.)
Allium / Lauch (Lil.)
Anemone / Windröschen / wind rose (Ran.)
Anthriscus-T. / Wiesen-Kerbel-T. / cow parsley-T. (Apia c.)
Betula* / Birke / birch (Bet.)
Brassica / Raps / rape (Brass.)
Cornus sanguineum / Hartriegel / dogwood (Corn.)
Liliaceae / Lilien gewächse / Lily Family
Lonicera / Heckenkirsche / honeysuckle (Capr.)
Phacelia tanacetifolia / Büschelschön / fiddle neck (Hyd.)
Picea* / Fichte / spruce (Pin.)
Pinus* / Kiefer / pine (Pin.)
Poaceae* / Süßgräser / Grass Family
Prunus-T. / Steinobst-T. / stone fruits (Ros.)
Pyrus-T. / Kernobst-T. / pomaceous fruits (Ros.)
Salix / Weide / willow (Sal.)
Sambucus* / Holunder / elder (Capr.)
Sedum-T. / Fetthennen-T. / stonecrop (Crass.)
Sinapis-T. / Senf-T. / mustard-T. (Brass.)
Sorbus-T. / Ebereschen-T. / mountain ash (Ros.)
Taraxacum-T. / Löwenzahn-T. / dandelion-T. (Comp.)
Trifolium pratense / Rotklee / red clover (Fab.)

*Windblütler

PCR (Polymerase Ketten-Reaction) für molekularbiologischen GVP-Nachweis in Pollen-DNA

- Zur Verfahrensentwicklung und Qualitätssicherung wurde ein Ringversuch der Labors aus den beteiligten Ländern Bremen (GeneScanAnalytics), Niedersachsen (NLÖ) und Bayern (LfU) durchgeführt.
- Prüfung qualitativer und quantitativer PCR-Verfahren auf Sensitivität, Reproduzierbarkeit, Nachweisgrenzen und Fallzahlen.

Fallzahlen für quantitative PCR: Raps-Pollen

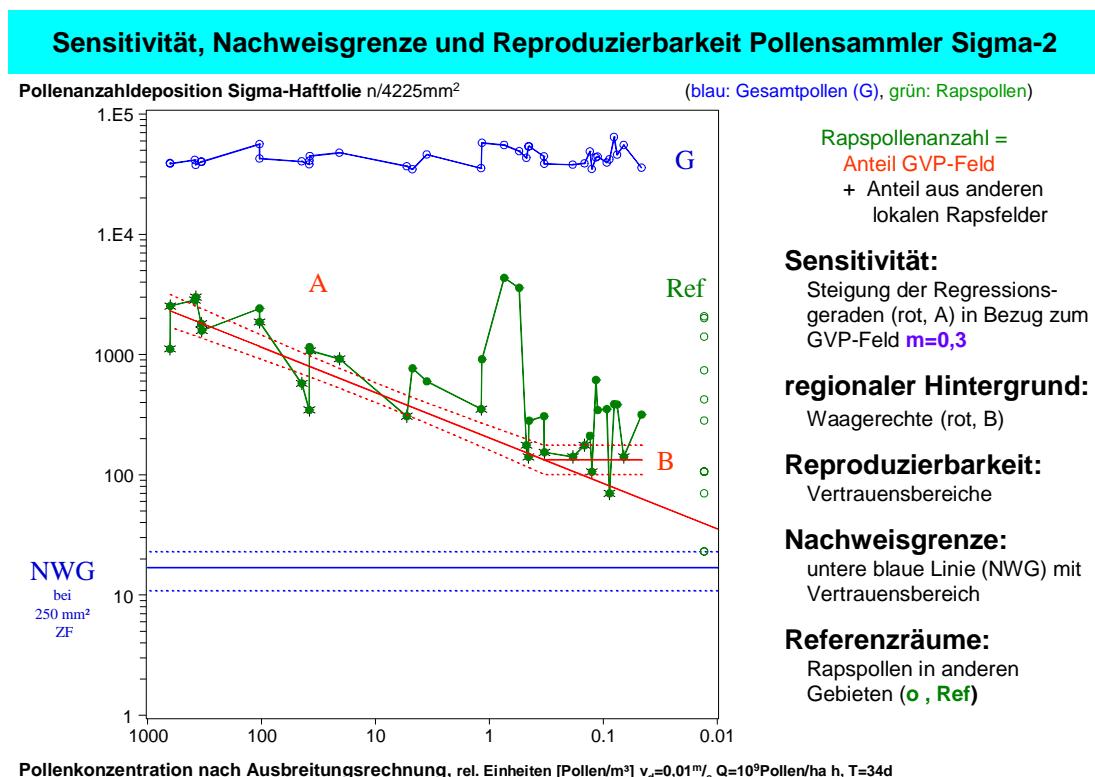


Ergebnisse der erfassten Pollenmengen beim Sigma-2

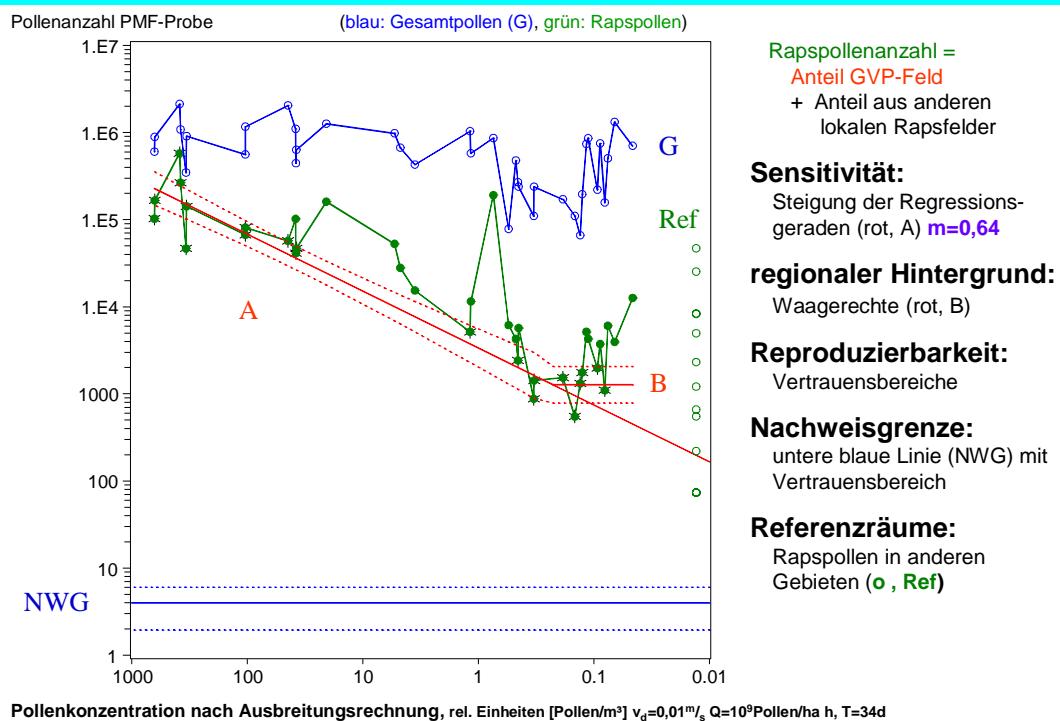
Pollen-anzahl	Haftfolie	
	Gesamt-pollen	Raps-Pollen
Effizienz		
n=49	M / Sigma	N / Sigma
NWG	35	35
Minimum	23.000	<35
10% Perc.	37.000	110
Median	44.000	390
Mittelwert	51.000	910
90% Perc.	77.000	2.500
Maximum	110.000	4.300

Ergebnisse der erfassten Pollenmengen beim PMF			
Pollenanzahl	PMF-Probe		Rapsanteil
	Gesamt-pollen	Raps-Pollen	
n=49	M / PMF	N / PMF	%
NWG	100	100	0,2%
Minimum	66.000	<100	<0,2%
10% Perc.	110.000	810	0,4%
Median	620.000	6.100	1,5%
Mittelwert	720.000	48.000	5,3%
90% Perc.	1.400.000	150.000	16,1%
Maximum	2.100.000	580.000	27,2%

→ Das technische Ziel, ausreichende Pollenmengen für molekularbiologische Analysen zu erfassen, konnte mit der Entwicklung des PMF erfüllt werden.



Sensitivität, Nachweisgrenze und Reproduzierbarkeit Pollenmassenfilter PMF



Ergebnisse der PCR-Analysen von Pollen-DNA in den PMF-Proben

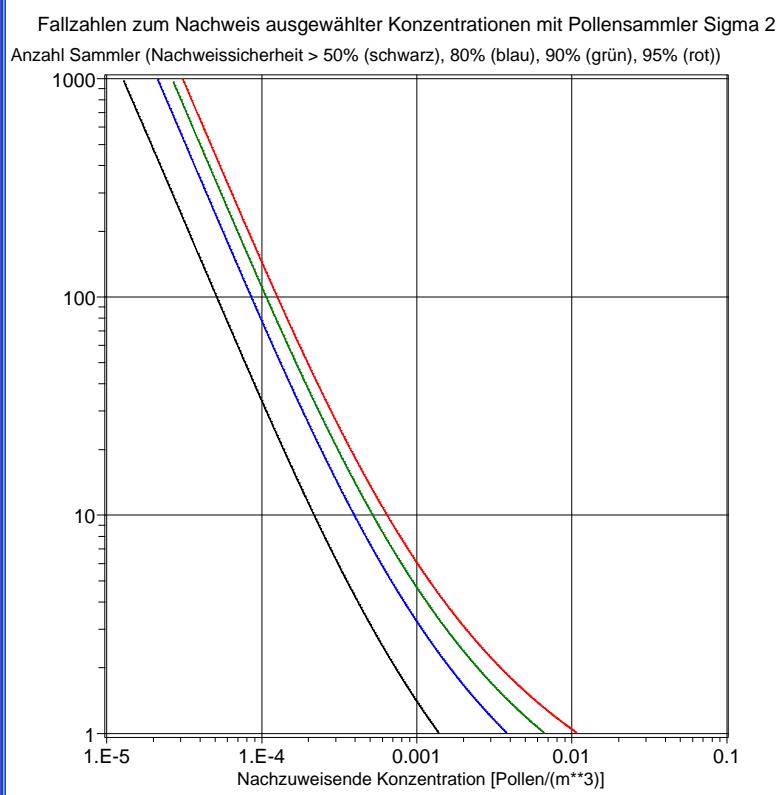
PCR-Nachweis in Pollen-DNA aus dem Rapsversuch (n=52)

- Raps spez. + (PEPC) n= 23
- davon GVP + (35S, PAT) n= 11
- Raps/GVP negativ (Spike +) n= 16
- inhibiert (Spike -) n= 13

→ Das Ergebnis zeigt, dass der PCR-geführte GVP-Nachweis in den Pollenproben prinzipiell funktioniert, jedoch dass das PCR-Verfahren noch Verbesserungswürdig ist und insbesondere Probleme, die bei einem Teil der Proben mit Inhibitionen auftraten, noch der Lösung bedürfen.

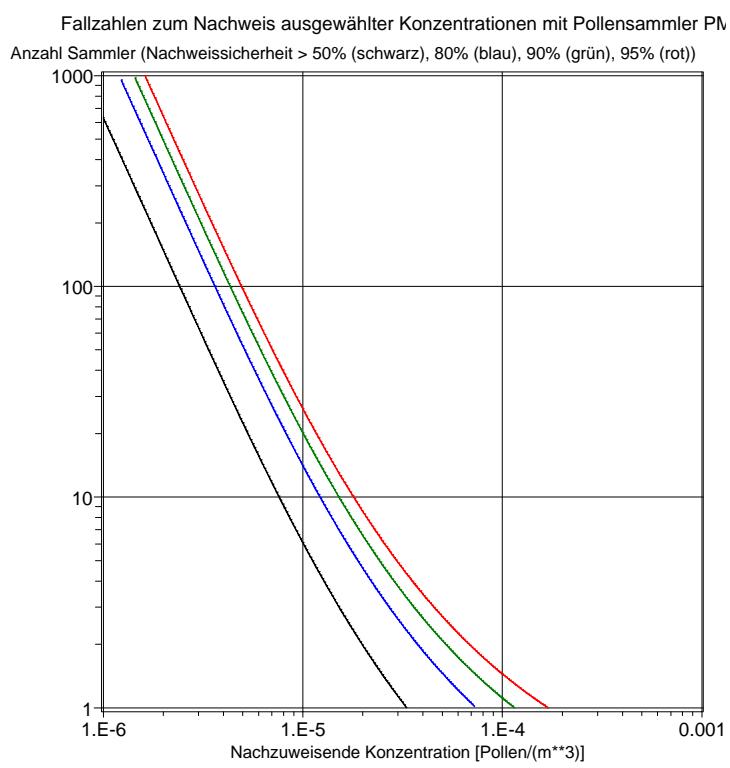
**Erforderliche
Fallzahlen für
ein GVP-
Monitoring:

Sigma-2**

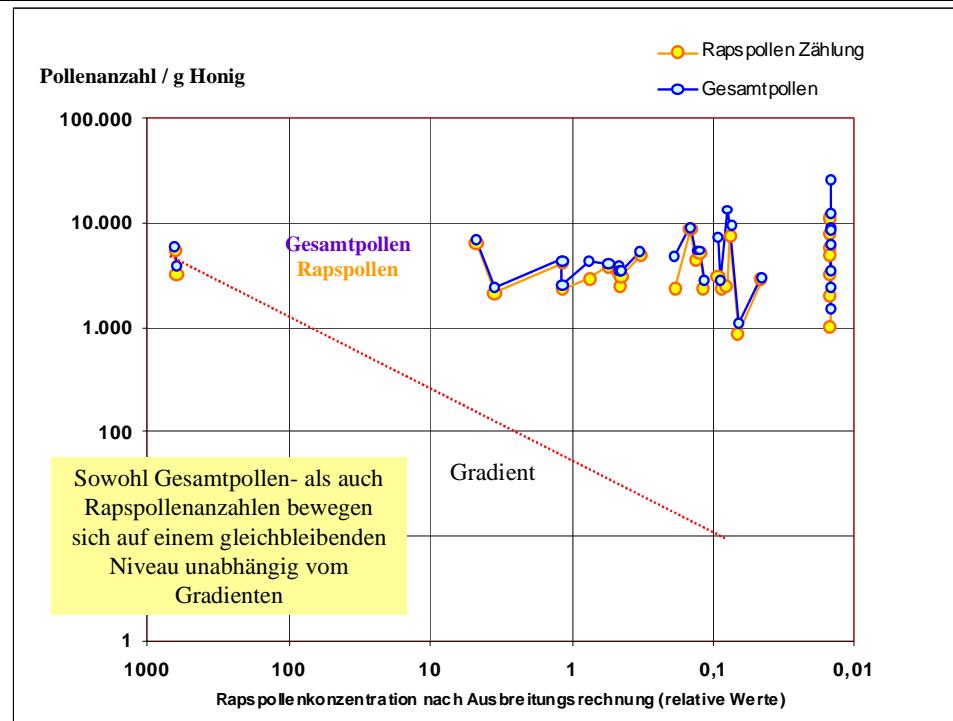


**Erforderliche
Fallzahlen für
ein GVP-
Monitoring:

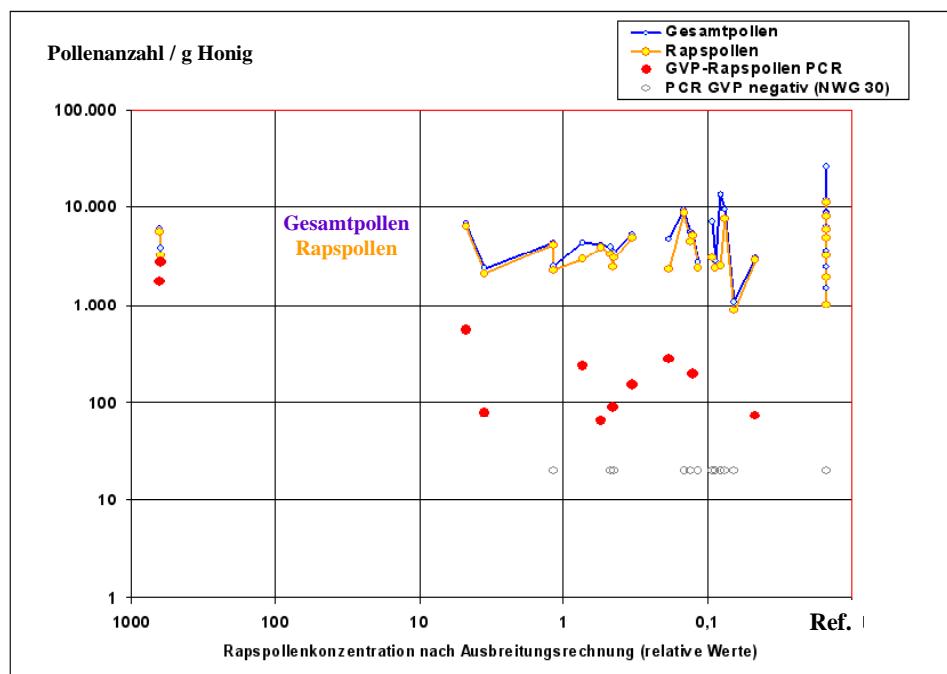
PMF**



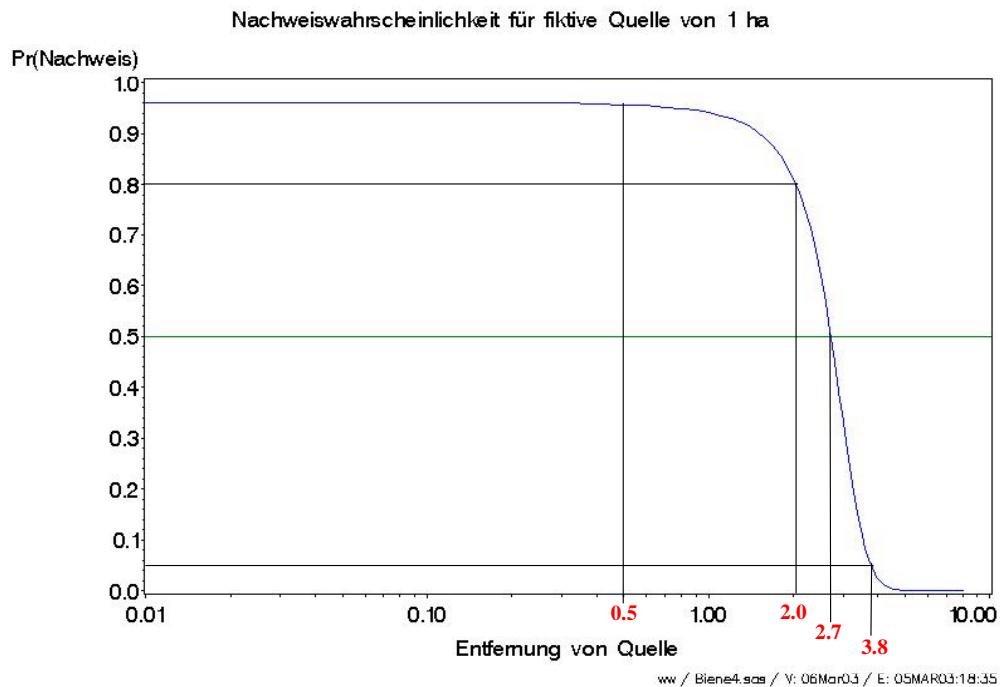
Ergebnisse Bienenhonig : quantitative Pollenanalyse



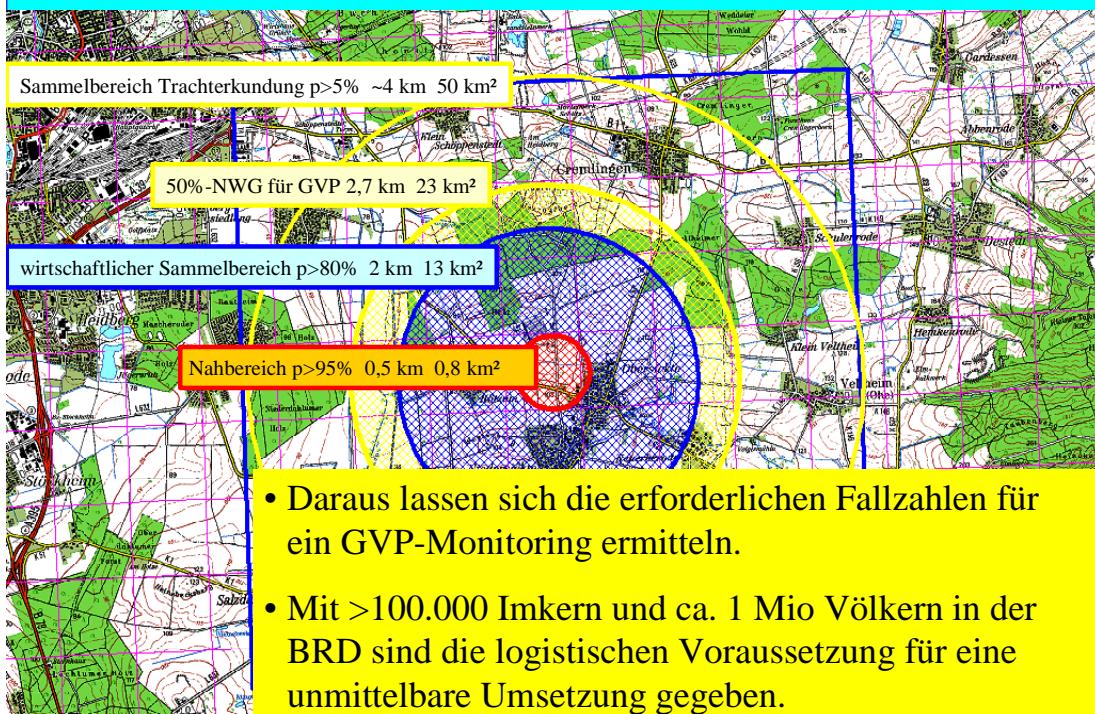
Ergebnisse Bienenhonig: PCR



Nachweiswahrscheinlichkeit von GVP-Rapspollen in Bienenhonig per PCR in Relation zur Entfernung vom Rapsfeld



Sammelbereiche der Honigbiene als Pollensammlerin für GVP-Monitoring mit Nachweiswahrscheinlichkeit von GVP-Raps per PCR



Schlussfolgerungen für das GVP-Monitoring

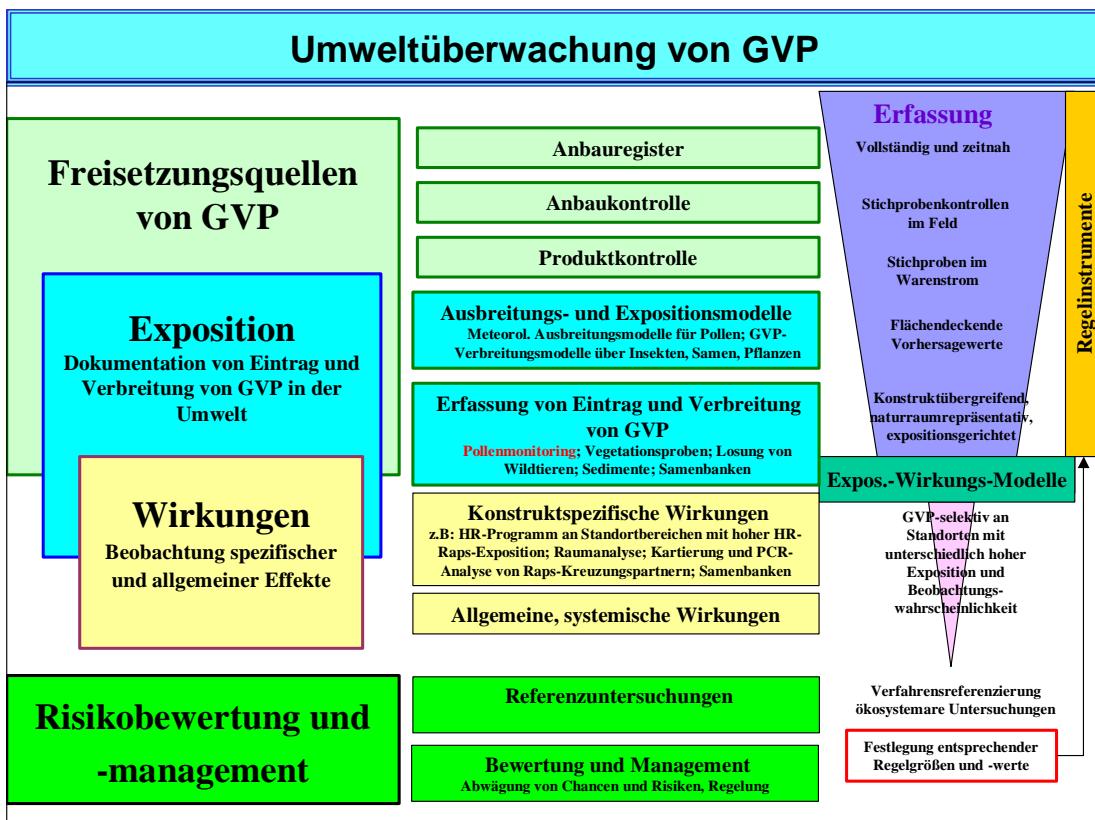
- Sowohl die technischen Pollensammler als auch die biologische Sammlerin Honigbiene eignen sich für das GVP-Monitoring zur Dokumentation von Eintrag und Verbreitung von GVP.
- Sie ergänzen sich in ihren Sammeleigenschaften, so dass ein kombinierter Einsatz zu empfehlen ist.
- Das Honigmonitoring ist verfahrensmäßig und logistisch unmittelbar umsetzbar.
- Für die technischen Sammler bestehen zT noch offene Fragen, denen im Vorhaben Bayern III nachgegangen wird.
- Derzeit werden für die Verfahren VDI-Richtlinien zur Standardisierung erarbeitet.
- Für die Umsetzung im GVP-Monitoring steht dann ein Testlauf des aus biologischen und technischen Sammlern kombinierten GVP-Pollenmonitorings über eine Teilfläche der BRD mit Ausarbeitung eines statistisch abgesicherten Probenahmedesigns an.

Schlussbemerkungen

- **Überwachungsauftrag für GVP-Monitoring**
Die EU-Freisetzungsrichtlinie definiert für das GVP-Monitoring einen klaren Überwachungsauftrag im Sinne von Risk Assessment & Management. Dies bedeutet zum Einen eine Abgrenzung gegen ausufernde wissenschaftliche Grundlagen- oder Ökosystemforschungen. Zum Anderen fordert Artikel 33 dezidiert Sanktionen bei Verstößen. Diese „müssen wirksam, verhältnismäßig und abschreckend sein“, so dass im Monitoring auch entsprechende Überwachungsinstrumente vorzusehen sind. Hierzu ist die Erfassung der Exposition dringend notwendig.
- **Exposition für Kausalitätsnachweis bei GVP erforderlich**
Eine wissenschaftlich nachvollziehbare Prüfung, ob auffällige ökologische Wirkungen ursächlich mit dem Einfluss von GVP zusammenhängen können oder nicht, ist bei GVP nur mit der Erfassung der Exposition möglich.

Pollenmonitoring für das Umweltmonitoring von GVP

Technische und biologische Pollensammler mit PCR-Screening



Methodenentwicklung für ein Monitoring transgener Pollen

„Prüfung der Raumrepräsentativität von Pollensammlern für ein Langzeitmonitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen GVP.“

Dr. Heike Beismann, Dipl.-Ing. Martin Kuhlmann, Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer

Technische Universität München

Einleitung

Die Ausbreitung und der Verbleib transgener Pollen bei einem zukünftigen kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen (GVP) sind, trotz immer besser werdender Computersimulationen, letztendlich nicht genau vorhersagbar, sondern sie bedürfen immer einer Überprüfung. Das Ziel dieses Projektes ist es daher Methoden zu entwickeln, die den Verbleib transgener Pollen dokumentieren können. Ein Monitoring transgener Pollen kann aber nicht flächendeckend in allen betroffenen Gebieten Deutschlands durchgeführt werden, da dies logistisch und finanziell nicht zu leisten wäre. Stattdessen ist eine Anzahl verschiedener Monitoring-Gebiete zu definieren, die die Verhältnisse in Deutschland repräsentativ widerspiegeln. Innerhalb dieser Gebiete gilt es Grundlagen und Kriterien für die Auswahl repräsentativer Messpunkte zu entwickeln. Der Schwerpunkt dieses Projektes liegt daher auf der Ermittlung der Raumrepräsentativität von technischen Pollensammlern. Im einzelnen soll geklärt werden in welcher Anordnung und Dichte Pollensammelgeräte anzurichten sind, um repräsentative Aussagen über die Ausbreitung von transgenem Pollen innerhalb eines definierten Landschaftsausschnitts zu erhalten.

Untersuchungsgebiet

Um dieses Ziel zu erreichen wurde ein Untersuchungsgebiet gewählt, das folgenden Anforderungen entsprach. Es sollte Felder sowohl mit transgendem Raps als auch mit transgendem Mais beinhalten. Zudem sollten möglichst verschiedene Naturräume mit unterschiedlichen Nutzungsstrukturen vorkommen, welche verschiedene Hintergrund-Konzentrationen von konventionellem Raps- und Maispollen in der Luft erwarten lassen. Diese Voraussetzungen erfüllte ein Gebiet um Fürstenfeldbruck im Westen von München. Es hat eine Fläche von 16 x 16 km und könnte eine Rasterzelle eines bundesweiten Monitoring repräsentieren. Im Untersuchungsgebiet grenzen vier unterschiedliche Naturräume aneinander (Münchener Schotterebene, Ammer-Loisach-

Hügelland, Fürstenfeldbrucker Hügelland, Donau-Isar-Hügelland) und es beinhaltet Felder von transgenen Raps- und Maissorten.

Messnetz

Um geeignete Standorte für die Aufstellung der Pollensammler zu bestimmen, die das Untersuchungsgebiet möglichst vollständig repräsentieren, ist es notwendig, umfangreiche Informationen im voraus zu erfassen. Zu diesem Zweck wurden folgende Daten gesammelt: meteorologische Daten der letzten Jahre, wie Windgeschwindigkeiten, Windrichtungen, Sonnenscheindauern, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, ein digitales Höhenmodell des Untersuchungsgebiets, Daten zur Landnutzung, insbesondere dem Anbau von Mais und Raps, Daten zur naturräumlichen Gliederung und Daten über die Ausbreitung von Pollen aus eigenen Vorversuchen. Mit Hilfe eines Ausbreitungsmodells (AUSTAL 2000) wurde dann abgeschätzt wo verschiedene Pollenkonzentrationen von Raps oder Mais im Untersuchungsgebiet zu erwarten sind. Anhand dieser Daten wurden dann die Pollensammelgeräte gezielt aufgestellt, um die gesamte Bandbreite der möglichen Pollenkonzentrationen im Luftraum auch zu erfassen.

Feldversuch

Inwieweit diese Aufstellung dem realen Pollenflug entspricht, wird in einem Feldversuch getestet. Dieser Feldversuch findet im Jahr 2003 statt und beinhaltet das Aufstellen von 50 Pollensammelgeräten im Untersuchungsgebiet. Ende April wurden die Sammler aufgestellt, um den Rapspollen zu erfassen. Im Juli/August wird die Maisblüte erfasst. In einem wöchentlichen Turnus wird die Konzentration an Pollen im Luftraum auf Klebefolien in sog. Sigma2-Sammeln gemessen. Dabei ist es notwendig die Artzugehörigkeit der Pollen zu prüfen und die Pollen auszuzählen. Um die großen Mengen an Proben bewältigen zu können, wird ein automatisches bildanalytisches Verfahren entwickelt, das diesen hohen Probendurchsatz erst ermöglicht und auch für ein zukünftiges Monitoring eine zuverlässige Routineanalyse ermöglichen soll. Am Ende der Blühphase wird die Gesamtpollenmenge, die an jedem Messpunkt in einem sog. Pollenmassenfilter (PMF) gesammelt wurde, für die Bestimmung des transgenen Anteils aufbereitet. Für die Quantifizierung des transgenen Anteils soll ebenfalls eine Routineanalyse im Labor entwickelt werden anhand einer sog. real-time PCR (TaqManTM).

Geräte und Methoden

In diesem Vorhaben sollen möglichst standardisierte Geräte zum Einsatz kommen oder standardisierbare Geräte entwickelt werden, um bei einem zukünftigen Monitoring den

Vergleich zwischen verschiedenen Monitoring-Gebieten zu ermöglichen. Zwei Typen von Pollensammlergeräten werden in diesem Projekt genutzt, der Sedimentationssammler Sigma2 (VDI Richtlinie 2119) und der Pollenmassenfilter (PMF, Gebrauchsmuster Nr. 201 17 632.7). Der Sigma2-Sammler ist bereits seit längerem als standardisiertes Gerät beim Deutschen Wetterdienst im Einsatz, um die Qualität der Luft in Kurorten zu überprüfen. Die Entwicklungsarbeit für eine Standardisierung des PMF wird vom Ökologiebüro Hofmann in Bremen geleistet. Die Kombination der beiden Sammler wurde bereits im Modellprojekt „Entwicklung eines standardisierten Monitoring-Verfahrens auf der Basis von technischen und biologischen Pollenakkumulatoren und Gen-Screening für eine erste Stufe eines GVO-Monitorings im Hinblick auf eine flächendeckende, raum-zeitliche Dokumentation von Eintrag und Verbreitung von GVO“ (BMU-FKZ 20089412, BIA VE038) entwickelt und erfolgreich geprüft.

Ein automatisches bildanalytisches Verfahren zum Nachweis der Artzugehörigkeit und zum Auszählen der Pollen auf den Klebefolien aus den Sigma2-Sammlern wird vom Deutschen Wetterdienst in Freiburg derzeit entwickelt. Dabei wird über ein computergestütztes System eine vollautomatische Bilderfassung der Pollenproben erarbeitet. Die Auszählung der Proben aus den Vorversuchen wurde bereits automatisch durchgeführt. Die bildanalytische Erkennung (Artbestimmung) war dagegen erst halbautomatisch möglich. Nach einer Erweiterung der Referenzdatenbank durch weitere Probensammlungen der interessierenden Pollen (Raps, Mais) wird in der nächsten Phase des Projektes eine vollautomatische Erkennung möglich sein.

Die Quantifizierung des Anteils der transgenen Pollen aus den PMF-Sammlern wird am Landesamt für Umweltschutz in Augsburg entwickelt. Die Pollenproben werden anhand einer real-time PCR (TaqManTM) analysiert. Dabei soll ein Verfahren entwickelt werden, das einen hohen Probendurchsatz ermöglicht und damit möglichst routiniert abläuft. Grundsätzlich war es bisher mit der eingesetzten real-time PCR möglich den Anteil transgener Rapspollen in Mischproben zu bestimmen. Das konnte durch Verdünnungsreihen verschiedener im Labor hergestellter Pollenkonzentrationen nachgewiesen werden. Wie allerdings die Feldproben aufgereinigt und behandelt werden müssen, muss in den laufenden Untersuchungen geklärt werden.

Um die Ergebnisse, die von den Projektpartnern erarbeitet werden, miteinander auszutauschen, wird parallel zur Entwicklung des eigentlichen Monitoring-Verfahrens, eine Datenbank unter der Leitung des Instituts für Informatik der Universität Freiburg entwickelt. Außerdem soll es diese Datenbank ermöglichen Daten, die für ein deutschlandweites Monitoring grundlegend sind, bereits jetzt sammeln zu können. Als Grundlage dient die lufthygienische Datenbank des Deutschen Wetterdienstes in

Freiburg. Alle Projektpartner sollen darauf zugreifen und größere Datenmengen austauschen können. Die Konzeption der Datenbank wurde bereits abgeschlossen. Die Entwicklung der Benutzeroberflächen erfolgt derzeit, ein erster Prototyp wurde bereits entwickelt und befindet sich in der ersten Testphase.

Validierung des Verfahrens

Die aus dem Feldversuch ermittelten Daten werden dann benötigt, um ausgehend von den Punktmesswerten zu Aussagen über die flächenhafte Verteilung der Pollenkonzentrationen zu kommen. Dies geschieht mittels geostatistischer Verfahren. Nach der Validierung und Modifizierung des entwickelten Messnetzes, geht es in einem zweiten Schritt darum, die Anzahl der benötigten Messpunkte soweit zu reduzieren, dass mit geringst möglichem Aufwand immer noch repräsentative Aussagen über das Untersuchungsgebiet getroffen werden können. Anschließend erfolgt die Ableitung allgemeiner Empfehlungen für ein bundesweites Langzeitmonitoring im Hinblick auf die Übertragung der Methoden und Ergebnisse auf andere Naturräume Deutschlands.

Übersicht Entwicklungsarbeit

- Koordination des Projektes und Entwicklung eines Messnetzes für das Untersuchungsgebiet (Technische Universität München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie und Fachhochschule Weihenstephan)
- Weiterentwicklung des technischen Pollensammlers PMF und der Probennahme (Ökologiebüro Hofmann, Bremen)
- Bildanalytische Auszähl-Routine zur artspezifischen Pollenerkennung und Bestimmung der Pollenkonzentration aus Proben des Sigma2-Sammlers (Deutscher Wetterdienst, Freiburg)
- PCR-Routineanalytik zur Bestimmung des transgenen Anteils in Pollenproben aus den PMF-Sammlern (Landesamt für Umweltschutz, Augsburg)
- Etablierung einer Datenbank mit Daten über Landnutzung, Meteorologie, Anbaudaten und Ergebnissen dieses Projektes als Grundlage für ein deutschlandweites Monitoring (Universität Freiburg, Institut für Informatik)

Projektpartner

- Technische Universität München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Martin Kuhlmann, Heike Beismann

- Ökologie Büro Hofmann, Bremen, Frieder Hofmann
- Deutscher Wetterdienst, Freiburg, Eckart Schultz, Volker Dietze
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg, Reinhard Zeitler
- Universität Freiburg, Institut für Informatik, Georg Lausen, Aldar Dugarjapov
- Fachhochschule Weihenstephan, Stefan Rogg

Dank

Dieses Projekt wird als gemeinsames Bund/Länder Modellprojekt vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU, Az. 76a-8793-2001/12) und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) finanziert. Das Projekt wird im Auftrag des Umweltbundesamtes (FKZ 201 67 430/33) ausgeführt.



Methodenentwicklung für ein Monitoring transgener Pollen

Prüfung der Raumrepräsentativität von Pollensammlern für
ein Langzeitmonitoring von GVP

Dr. H. Beismann, Dipl.-Ing. M. Kuhlmann, Prof. Dr. J. Pfadenhauer



Hintergrund:

Ausbreitung und Verbleib transgener Pollen sind nicht vorhersagbar.

Monitoring transgener Pollen kann nicht flächendeckend durchgeführt werden.

Ziel:

Ermittlung repräsentativer Standorte für Pollensammler.




Lehrstuhl für Vegetationsökologie
Fachtagung 27. Mai 2003

Untersuchungsgebiet




Vorteile:

- transgene Rapsparzellen und transgene Maisparzellen vorhanden
- reichgegliederte Landnutzung
- verschiedene Naturräume vorhanden

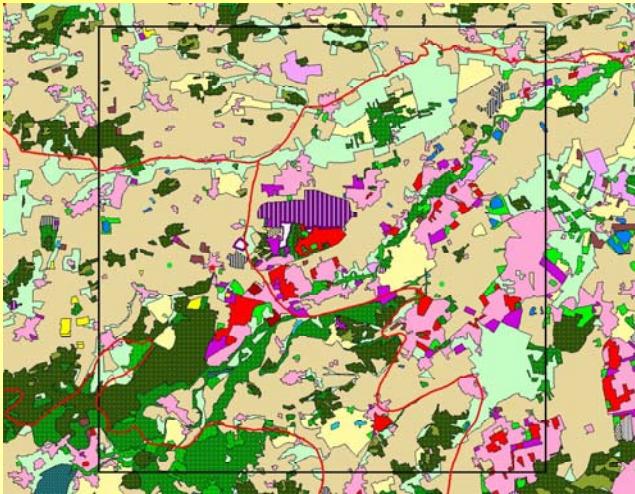

**Umwelt
Bundes
Amt**
der Bundesanstalt für
Umweltforschung
und -monitoring


TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN


**Bayerisches Staatsministerium
für Landesentwicklung
und Umweltfragen**


Lehrstuhl für Vegetationsökologie
Fachtagung 27. Mai 2003

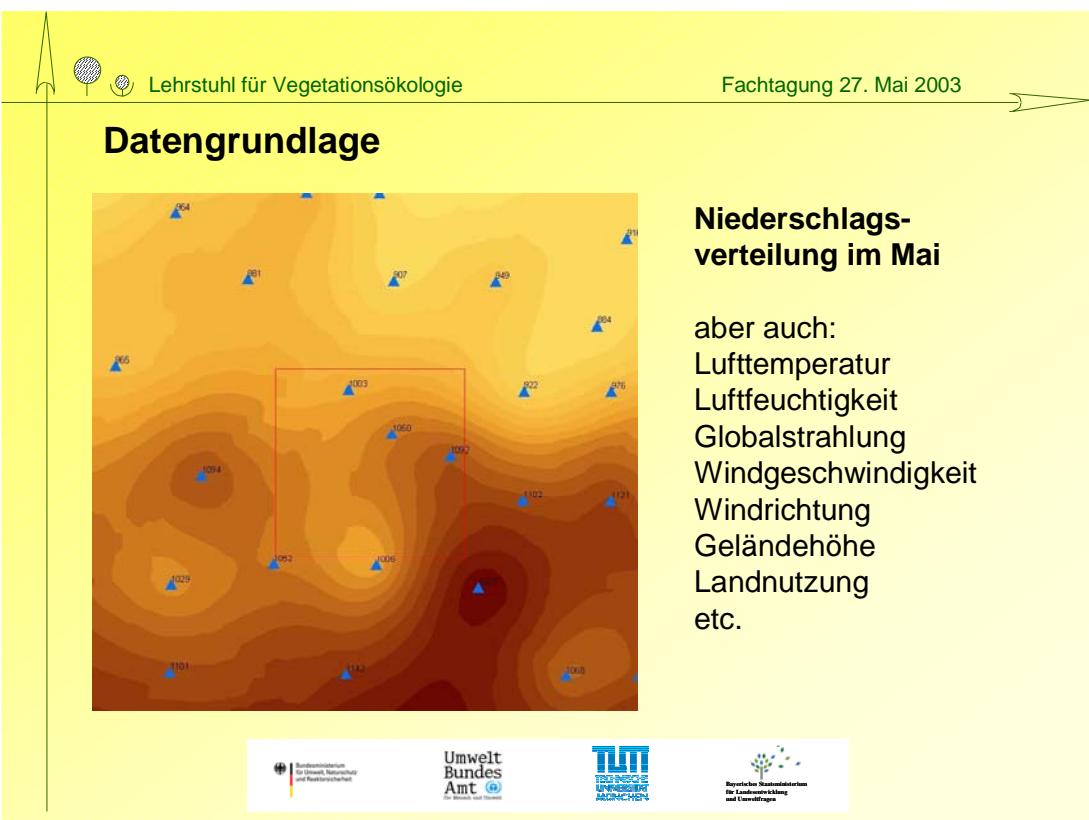
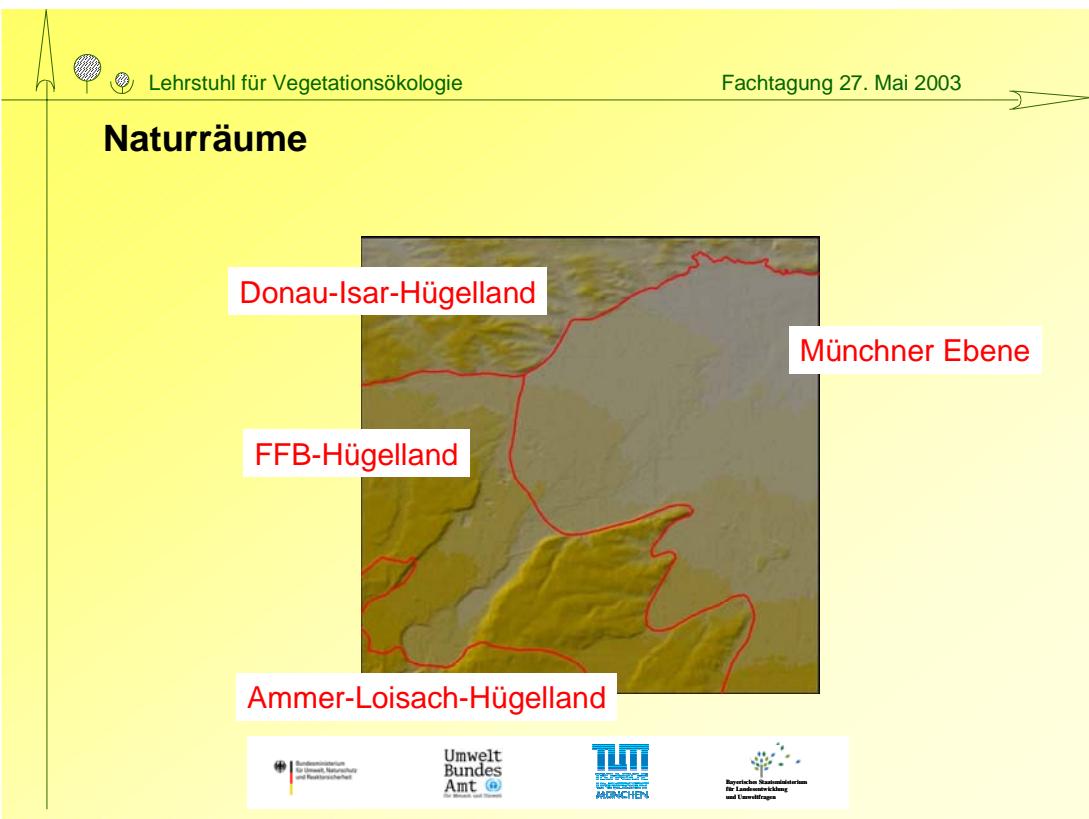
Landnutzung



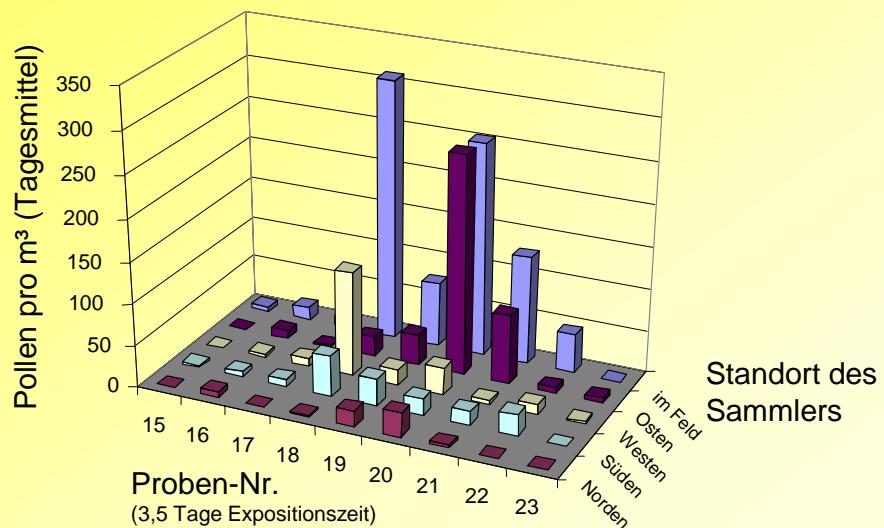

**Umwelt
Bundes
Amt**
der Bundesanstalt für
Umweltforschung
und -monitoring


TUM
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

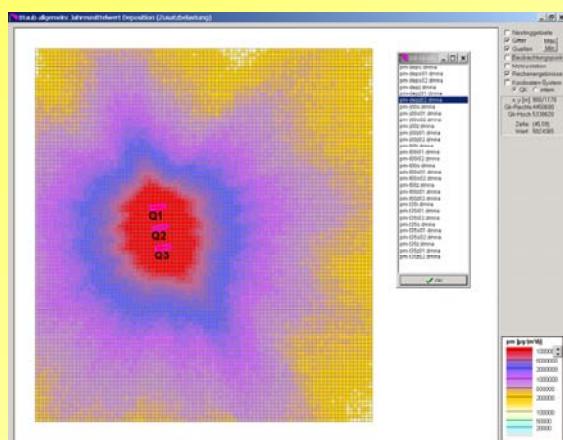

**Bayerisches Staatsministerium
für Landesentwicklung
und Umweltfragen**



Pollenkonzentrationen für Raps 2002



Ausbreitungsberechnungen



Ausbreitungsberechnung
mit GO-AUSTAL2000

beruhend auf TA Luft

Eingangsdaten sind u.a.

meteorologische
Zeitreihen des DWD

digitales Geländemodell

Quellparameter



Feldversuch 2003

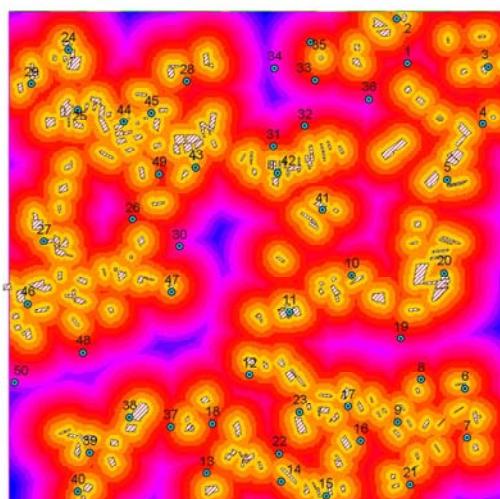
- Aufstellen der 50 Pollensammler
- Messkampagne
 - April/Mai (Raps)
 - Juli/August (Mais)
- Auswertung der Proben
 - Bildanalyse
 - PCR-Analyse



Lehrstuhl für Vegetationsökologie, TUM

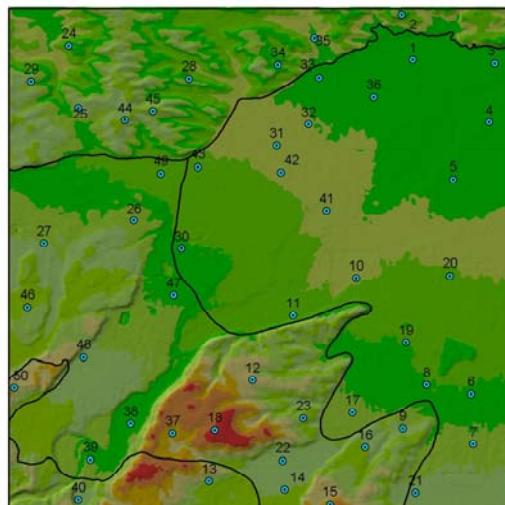


Abstandsberechnung





Digitales Geländemodell



Entwicklungsarbeit

- passive Pollensammler
- automatische Bildanalyse
- molekulargenetische Analyse
- Datenbank





Passive Pollensammler

SIGMA 2-Sammler

Expositionszeit:
1 Woche

Bildanalytisches
Nachweisverfahren



Pollenmassenfilter (PMF)

Expositionszeit:
Gesamter
Blühzeitraum

Molekulargenetisches
Nachweisverfahren
(PCR-Analyse)

Ökologiebüro, Bremen



Automatische Bildanalyse



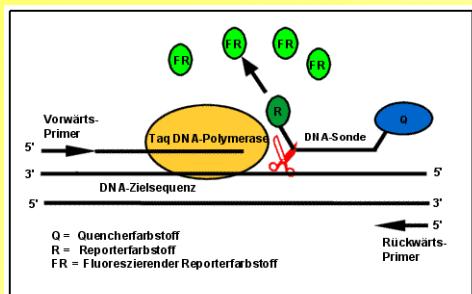
Proben aus Sigma2-Sammler:

Bestimmung von Pollenart (Raps und Mais) und -anzahl bisher halbautomatisch möglich.

Ziel ist vollautomatische Erkennung durch Erweiterung der Referenzdatenbank und Einsatz einer Deagglomeration Software.

Deutscher Wetterdienst (DWD),
Freiburg

Molekulargenetische Analyse



Proben aus PMF:

Qualitative und quantitative Bestimmung des Anteils an transgendem Pollen

Quantifizierung in Verdünnungsreihen möglich

Aufbereitung der Feldproben wird noch getestet

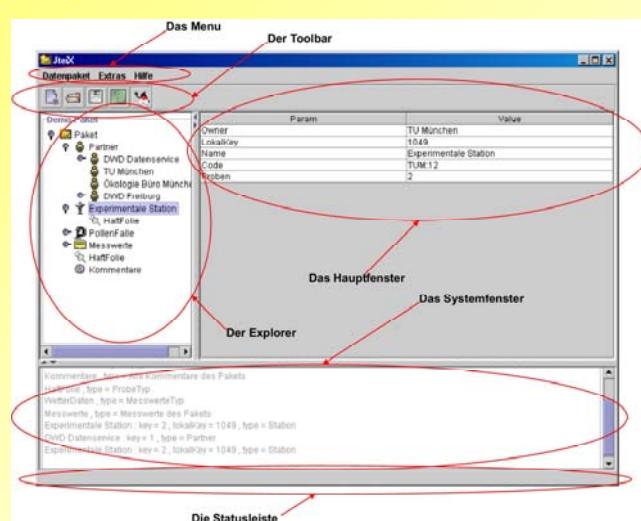
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU), Augsburg

Datenbank

Konzeption der Datenbank ist abgeschlossen

Benutzeroberfläche zum Datenaustausch wird derzeit entwickelt

Universität Freiburg,
Institut für Informatik





Validierung des Verfahrens

Prüfung inwieweit die ermittelten Pollenkonzentrationen, den Vorhersagen entsprachen.

Übertragung der Punktmesswerte durch geostatistische Methoden in die Fläche.

Reduktion der Anzahl der Pollensammler auf ein Minimum, mit dem noch repräsentative Aussagen möglich sind.

Ableitung allgemeiner Empfehlungen für ein bundesweites Langzeitmonitoring im Hinblick auf die Übertragung der Ergebnisse auf andere Naturräume.



Projektpartner

TU-München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie, M. Kuhlmann, H. Beismann

Fachhochschule Weihenstephan, S. Rogg

Ökologiebüro Hofmann, F. Hofmann

Deutscher Wetterdienst, Freiburg, E. Schultz, V. Dietze

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg, R. Zeitler

Universität Freiburg, Institut für Informatik, G. Lausen, A. Dugarjapov

Dank

Dieses Projekt wird vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziert. Das Projekt wird im Auftrag des Umweltbundesamtes ausgeführt.



„Monitoring von herbizidresistentem Raps in NRW“

Prof. Dr. H. Haeupler, Dipl.-Geogr. G. H. Loos, Dipl.-Geogr. B. Surkus

Ruhr-Universität Bochum, AG Geobotanik

Aufgabenstellung

Gegenstand des Projektes ist die Evaluierung und Weiterentwicklung von Monitoringkonzepten zum Umweltverhalten von Raps. Eine Problematik beim Ausbringen von Raps (*Brassica napus*) in die Umwelt ist die Einkreuzung ggf. gentechnisch veränderter Gensequenzen in potentielle Kreuzungspartner (u. a. *Sinapis arvensis*). Gegenstand des Projektes sind daher Untersuchungen zu Vorkommen und Verbreitung (Durchwuchs, Überdauerung, Verwilderung) von Raps, Kreuzungspartnern und Hybriden. Folgende Fragestellungen müssen hinsichtlich der Nutzung transgener Formen dieser Sippe erörtert werden:

1. Wann blüht Raps im Gebiet, d. h. wann ist die Gefahr der Auskreuzung am größten?
2. Mit welchen Arten geht Raps überhaupt Hybriden ein?
3. Wo bürgert sich Raps ein, d. h. wo ist die Gefahr, dass gentechnisch verändertes Material sich dauerhaft etablieren kann, am größten?
4. Welche Methoden eines Monitorings sind erforderlich?

Das Projekt ist in zwei Phasen gegliedert.

Phase 1:

1. Einrichtung von zwei Rasterfeldern in Versuchsflächen mit transgenem Raps
2. Erfassung von populationsbiologischen Parametern (u. a. Blütezeit, Fruchtansatz und Einbürgерungsgrad)

Phase 2 (derzeitige Arbeitsschwerpunkte):

1. Erfassung von konventionellem Raps hinsichtlich folgender Punkte:
 - a) Standorte mit verwildertem Raps
 - b) Ermittlung des floristischen Status
 - c) Erfassung der Biotoptypen
 - d) Messung einfacher Standortparameter (pH, C/N-Verhältnis und Bodenstruktur)
 - e) Vergesellschaftung

- f) Ermittlung potentieller Kreuzungspartner
 - g) phänologisches Verhalten (Blühfenster)
 - h) Vitalität, Fitness und Produktivität
 - i) Populationsdichten
2. Erfassung und Vergleich der Rapsbegleitflora unter konventionellen und ökologischen Bedingungen auf verschiedenen Böden (zwei Vegetationsperioden)
 3. Literaturrecherche zu Übertragungswegen von gentechnisch veränderten Pflanzen und zu Hybridisierungsvorgängen bei Raps und verwandten Brassicaceen
 4. Entwicklung eines interaktiven Bestimmungsschlüssels über alle relevanten Brassicaceen, die für eine Auskreuzung in Frage kommen
 5. Diskussion der Auswahl und Repräsentativität von ÖFS-Flächen hinsichtlich eines GVP-Monitorings

Ergebnisse

Rapsäcker weisen spezifische Beikrautfluren auf, die sowohl von den Beikrautfluren der Getreide- als auch von denen der Hackfruchtkulturen zu differenzieren sind. Die Genese dieser spezifischen Fluren hängt vermutlich sowohl von den konkurrenzwirksamen Faktoren der Rapspflanzen selbst bzw. ihrer Bestandsdichte als auch von den Wirkungen der aufgebrachten Herbizide ab. Ökologisch angebauter Raps konnte in den bisherigen Untersuchungen aufgrund fehlender Anbauflächen bisher noch nicht einbezogen werden, so dass Vergleichswerte fehlen. Hinsichtlich herbizidbehandelter Flächen konnte deutlich eine Zunahme bestimmter Beikräuter im Gegensatz zu konventionellen Kontrollflächen festgestellt werden. Hierbei handelt es sich um Problemunkräuter, welche oftmals zur Herbizidresistenz neigen.

Raps zeigt offensichtlich dauerhafte Einbürgерungen an Standorten, die in aller Regel durch Pflegemaßnahmen beeinflusst oder bestimmt werden (Epökophyt), so an Straßenrändern, die einer Schalmahd unterliegen, auf herbizidbehandelten oder mechanisch offen gehaltenen Bahngleisen sowie an häufig gemähten Böschungen kanalisierter Vorfluter.

An Standorten, bei denen extensivere oder überhaupt keine Pflegemaßnahmen durchgeführt werden, scheint sich bis auf wenige, weiter zu studierende Ausnahmen, Raps nicht halten zu können. Allerdings muss über lange Zeit beobachtet werden, ob hier ein intermittierendes Verhalten vorliegt, d. h. ob Raps eine Diasporenbank aufbauen kann, aus der die Art sich nach einem intensiven Eingriff in einer sonst

extensiv genutzten Fläche neu entwickeln kann oder ob jeweils eine Neueinschleppung für eine Wiederansiedlung nötig ist.

Eingebürgerte Vorkommen von Raps finden sich bislang fast ausschließlich an linienhaften Biotopstrukturen, also an Straßenrändern, Bahnlinien und Vorflutern, wohingegen auch intensiver bearbeitete flächenhafte Strukturen kaum eingebürgerte Vorkommen aufweisen, sondern stets nur einzelne Exemplare. Ruderalstellen, wie z. B. Baugelände fungieren als „Trittsteinbiotope“ für die Ausbreitung von Raps. Auch wenn diese Standorte nicht von Dauer sind, so zeigt sich, dass ausgehend von hier benachbarte Straßenränder besiedelt werden können und dort eine weitere Ausbreitung stattfindet. Teilweise waren derartige Gelände selbst zuvor Rapsäcker und weisen noch eine Diasporenbank im Boden auf.

Als weiterer bislang weitgehend unbeachteter Aspekt sind die Wechselwirkungen zwischen Ansaaten und verwildertem Raps zu beachten. Es hat sich gezeigt, dass auf einigen Flächen, die mit Ansaaten von Gräsern sowie Saat-Hornklee und anderen Leguminosen nicht-„autochthoner“ Herkunft begrünt wurden, Raps sich anscheinend recht gut etablieren konnte. Weitere Studien zur Sukzession müssen allerdings die Dauerhaftigkeit dieser Bestände bestätigen. Derartige Beobachtungen unterstreichen jedoch die Zweifelhaftigkeit solcher nicht standortgemäßen und florenverfälschenden Begrünungs-Ansaaten.

Raps ist – wenigstens zur Zeit – noch kein aggressiver „Problemneophyt“, keine invasive Art, die einheimische Sippen verdrängt oder in gefährdete Pflanzengesellschaften eindringt. Die Art besiedelt zwar unbesetzte ökologische Nischen, bedeutsame Verdrängungssphänomene lassen sich aber bislang nicht erkennen.

Phänologische Studien bestätigen, dass Raps die gesamte Vegetationsperiode hindurch blüht fruchtet und ab der 25. Woche reife Samen freisetzt. Diese ständige Blühbereitschaft zeigen neben Raps (*Brassica napus*) von den potentiellen Kreuzungspartnern nur *Raphanus sativus*, *Sinapis arvensis* und *Sisymbrium officinale*. Somit stellt Raps eine kontinuierliche Pollenquelle dar und ermöglicht im Falle gentechnisch veränderter Gensequenzen eine eventuelle Introgression gentechnisch veränderter Informationen. Somit ist die Entstehung unerwünschter Hybriden möglich.

Hybriden sind *in situ* noch nicht gefunden worden. Möglicherweise sind sie aber phänotypisch auch nicht zu erkennen. Morphologische Studien an einigen potentiellen Kreuzungspartnern in NRW (beispielsweise *Sinapis arvensis*, *Eructastrum gallicum* oder *Hirschfeldia incana*) ergaben bislang keine Hinweise auf eventuelle Introgressionen von Raps.

Schlussfolgerungen

Der Einfluss von feldmäßig angebautem Raps auf seine Begleitflora ist weiterhin zu beobachten, insbesondere Fragen nach Unterschieden zwischen der Begleitflora und -vegetation von konventionellem Raps in konventionellem Anbau, konventionellem Raps in ökologischem Anbau und von HR-Raps sind zu klären, um naturschutzfachliche Aspekte des GVP zu ermitteln. Als wesentliche Methoden sind hier die pflanzensoziologischen Erfassungsstandards (vor allem die Braun-Blanquet-Methode) zu verwenden. Die zugrundeliegenden Skalen können nach den Erfordernissen vor Ort verfeinert werden.

Expansive eingebürgerte Vorkommen an Linienstrukturen sind hinsichtlich ihrer räumlichen Ausdehnung und Bestandesdichte in ein regelmäßig erfolgendes Erfassungsprogramm einzubeziehen; ihre etwaige Ausdehnung in benachbarte (flächenhafte) Strukturen ist dabei zu berücksichtigen. Auch hierbei sollten pflanzensoziologische Aufnahmen durchgeführt werden, um herauszufinden, ob sich die Begleitvegetation hinsichtlich ihrer Sippenzusammensetzung und Bestandsdichte ändert. Alle Fälle, in denen Raps sich in flächenhaften Biotopstrukturen längerfristig halten kann, verdienen besondere Aufmerksamkeit. Sie sollen pflanzensoziologisch und auch nach anderen ökologischen Parametern hin untersucht werden (u. a. Fitness und Produktivität), um auch für ein späteres Monitoring Bezugsflächen festzulegen und zu dokumentieren.

Aussagen hinsichtlich eines Monitorings

Aus den phänologischen Beobachtungen ist zu entnehmen, dass Raps über die gesamte Vegetationsperiode eine kontinuierliche Pollenquelle darstellt und Monitoringkonzepte also entsprechend langfristig anzulegen sind. Die Untersuchungen in der Phase 1 legen außerdem nahe, dass bei einem Monitoring der Bezug zum Naturraum eine wesentliche Rolle spielt und die Ergebnisse beeinflusst. Da viele eingebürgerte Populationen von Raps im Siedlungsbereich des Ruhrgebietes liegen gilt ein verstärktes Augenmerk den Ausbreitungswegen.

Es ist unerlässlich, *Brassica napus* in ein Monitoringkonzept einzubinden, auch wenn derzeit noch keine Tendenz einer aggressiven, andere Pflanzenarten verdrängenden Ausbreitung vorliegt. Beobachtungen an anderen Arten haben in der Vergangenheit gezeigt, dass Pflanzensippen nach langer unauffälliger Latenzzeit plötzlich invasives Ausbreitungsverhalten zeigten. Dies kann aufgrund genetischer Veränderungen, spontan auftretender Selektionsvorteile oder durch Ausbildung von Ökotypen geschehen. Monitoringkonzepte auf Basis von Kartierungen bieten die Möglichkeit zuverlässig und kostengünstig populationsdynamische Entwicklungsprozesse effizient zu verfolgen und

aufzuzeigen. Als sinnvoll erscheint ein Monitoringkonzept, welches gegen Ende der Hauptblüte des Kulturrapses anzuberaumen ist, da zu dieser Zeit alle bereits vor der Fruchtreife stehenden Exemplare, sowie die Jungpflanzen, welche später im Jahr zu Blüte und Frucht gelangen, erfassbar sind. Die Beobachtung sollte wie bei allen Einjährigen jährlich erfolgen. Für die Erfassung könnten ehrenamtliche Mitarbeiter der floristischen Kartierung Deutschlands eingesetzt werden.

Noch zu beantwortende Fragestellungen werden im Zuge des Projektabschlusses vorliegen (z. B. Diskussion zur Einbindung des GVO-Monitorings in die ÖFS).

Modellprojekt in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.



Ruhr-Universität Bochum, AG Geobotanik
Prof. Dr. H. Haeupler, Dipl.-Geogr. G. H. Loos,
Dipl.-Geogr. B. Surkus

GVP-Monitoring-Teilprojekt des MUNLV NRW
„Monitoring von herbizidresistentem Raps in NRW“

**Modellprojekt in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und
dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen**



Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

1

Aufgabenstellung

Gegenstand des Projektes ist die Evaluierung und Weiterentwicklung von **Monitoringkonzepten** zum Umweltverhalten von Raps. Ein Problemfeld beim Ausbringen von Raps (*Brassica napus*) in die Umwelt ist die evtl. Einkreuzung technisch veränderter Gensequenzen in potentielle Kreuzungspartner (u. a. *Sinapis arvensis*). Gegenstand des Projektes sind daher Untersuchungen zu Vorkommen und Verbreitung (Durchwuchs, Überdauerung, Verwilderung) von Raps, potentiellen Kreuzungspartnern und Hybriden.

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

2

Folgende Fragestellungen müssen hinsichtlich der Nutzung transgener Formen dieser Sippe erörtert werden:

1. Wann blüht Raps im Gebiet, d.h. wann ist die Gefahr der Auskreuzung am größten?
2. Mit welchen Arten geht Raps überhaupt Hybriden ein?
3. Wo bürget sich Raps ein, d.h. wo ist die Gefahr, dass gentechnisch veränderte Pflanzen sich dauerhaft etablieren können, am größten?
4. Welche Methoden eines Monitorings sind erforderlich?

Zielsetzungen (Phase 1)

1. **Vorkommen und Verbreitung** des HR-Raps (Durchwuchs, Überdauerung in angrenzenden Flächen, Verwilderung in der Landschaft), der Kreuzungspartner sowie von möglichen Hybriden,
2. **Veränderung der Zusammensetzung** der Ackerbegleitvegetation,
3. **Verbreitung des Transgens** (Auskreuzung, Gentransfer, Ausbreitung der Herbizidresistenz in konventionelle Bestände und Kreuzungspartner)

Im Raum Detmold (östl. Westfalen) wurden im Umkreis ehemaliger Versuchsfelder mit transgenem Raps zwei 25 km^2 große Rasterfelder eingerichtet, in denen alle vorhandenen Populationen von Raps untersucht wurden (insg. 288). Erfasst wurden u. a. Populationsgröße, Blütezeit und Einbürgerungsgrad. Durch Aufgabe des HR-Raps-Anbaus wurde ein Gebietswechsel nötig.

Konkrete Untersuchungsaspekte für Phase 2:

1. Erfassung von konventionellem Raps hinsichtlich folgender Punkte:
 - a) an welchen **Standorten** verwildert Raps,
 - b) mit welchem **floristischen Status**,
 - c) in welchen Biotoptypen spielt sich dies ab,
 - d) Messung einfacher **Standortparameter** (pH, C/N-Verhältnis, Bodenstruktur),
 - e) in welcher **Vergesellschaftung** kommt er vor,
 - f) welche **potenziellen Kreuzungspartner** teilen sich den Standort mit ihm,
 - g) seines **phänologischen Verhaltens** (ein oder mehrere Blühfenster),
 - h) seine **Vitalität und Fitness** sowie **Produktivität** (Samenproduktion),
 - i) **Populationsdichten** (nur in verwilderten Vorkommen)

2. Die **Rapsbegleitflora** wurde unter konventionellen und ökologischen Bedingungen auf verschiedenen Böden erfasst und verglichen.

3. Eine **Literaturrecherche** über gentechnisch veränderte Pflanzen und über Hybridisierungsvorgänge bei Raps und verwandten Brassicaceen wurde durchgeführt. (Zusammenarbeit mit der AG Spezielle Botanik an der Universität Osnabrück)

4. Die Entwicklung eines **interaktiven Bestimmungsschlüssels** über alle relevanten Brassicaceen, die für eine Auskreuzung genmanipulierten Materials in Frage kommen, ist derzeit in Arbeit. Die hohe Variabilität von Raps verhindert allerdings die Ansprache infraspezifischer Einheiten (Sorten). Das internationale Bestimmungsprogramm DELTA soll zur Verwirklichung eines interaktiven Bestimmungsschlüssels herangezogen werden.

5. Die Auswahl und Repräsentativität von ÖFS-Flächen (Ökologische Flächenstichprobe) hinsichtlich eines GVP-Monitorings ist zu überdenken.

**Eine Zusammenführung mit bestehenden ÖFS-Flächen
und Vorschlag neuer Flächen wird derzeit diskutiert.
Die Biotoptypenkartierungen werden nach HAEUPLER &
MUER (2000) weitergeführt, zeitgleich wird der LÖBF-
Biotopschlüssel angewendet.**

**Verwilderte Rapsvorkommen sind in erster Linie in den
Siedlungsbereichen des Ruhrgebietes lokalisiert.
Die ÖFS-Flächen sind jedoch außerhalb des Ruhrgebietes
ausgewiesen worden. Folglich ist eine Auswahl neuer
Flächen nötig.**

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

7



2002



2002



2003

**Bilder 1-3: Charakteristische Verwilderungsstellen des Raps im Siedlungsbereich
des Ruhrgebietes. Baumscheiben fungieren als „Trittsteinbiotope“.
Solche Örtlichkeiten sind oftmals Startpunkte weiterer Ausbreitungen.**

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

8

Untersuchte Regionen und Flächen

Verlegung des Untersuchungsgebietes in Hauptanbau- und Hauptverwilderungsgebiete (Schwerpunkte Ruhrgebiet, Hellweg, Soester Börde)

Naturräume:

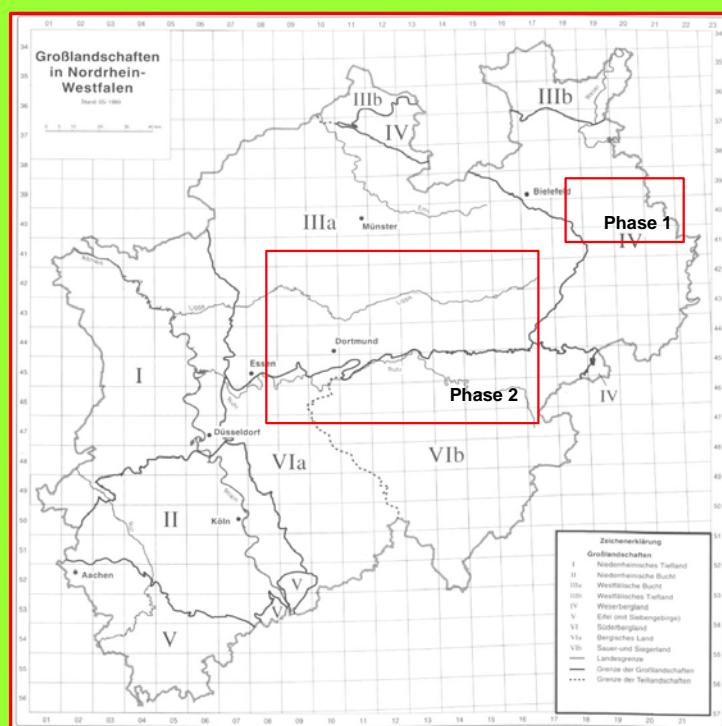
- Westfälische Bucht (Schwerpunkt von Anbau und Verwilderungen)
- Süderbergland (viel geringerer Anbau und Verwilderungen)

Untersuchte Flächentypen:

- Rapsäcker
 - **Linienhafte Biotopstrukturen:** Straßenränder, Vorflutersäume, Bahnenlinien
 - **Flächenhafte Biotopstrukturen:** Industriebrachen, aufgelassene Äcker, Bahngelände, Baustellen
- mit Einbürgerung von Raps; als Vorauswahl für geplante Monitoringflächen:**
- Kamen-Heeren-Werve: Gewerbegebiet (ehem. Zechengelände)
 - Werl-Hilbeck: Straßenbankett der Bundesstraße 63

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

9



Karte 1: Großlandschaften in NRW und die Untersuchungsregionen.

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

10

Ergebnisse:

- Bislang sind **keine phänotypisch-morphologisch erkennbaren Hybriden** zwischen Raps und verwandten Arten ermittelt worden. Genotypisch ist dies jedoch nicht auszuschließen.
- Nach **164 Vegetationsaufnahmen**: Rapsäcker weisen spezifische Beikrautfluren auf, die sowohl von den Beikrautfluren der Getreide- als auch von denen der Hackfruchtkulturen zu differenzieren sind. Die Genese dieser spezifischen Fluren hängt vermutlich sowohl von den konkurrenzwirksamen Faktoren der Rapspflanzen selbst, z. B. von ihrer Bestandsdichte, als auch von den Wirkungen der aufgebrachten Herbizide ab.

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

11

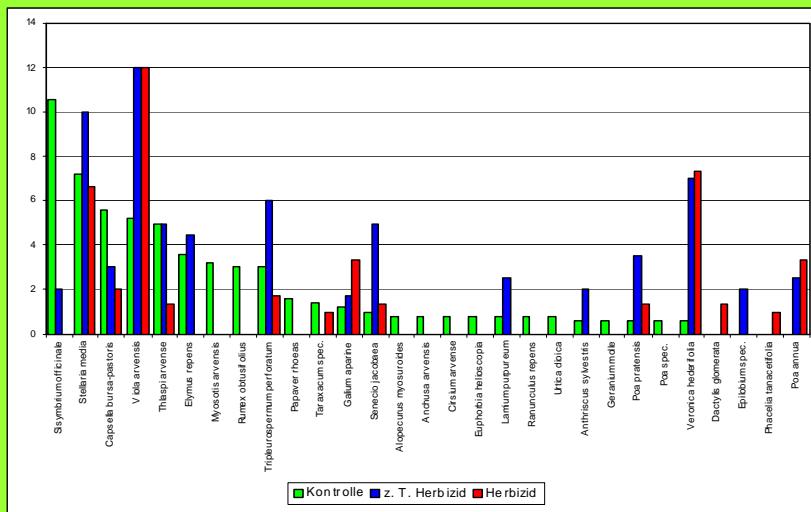
Tab. 1: Vegetationsaufnahmen (nach Braun-Blanquet)

Aufnahmenummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Deckungsgradklassen [in %] 5 = 100 - 75
Artenzahl	45	26	28	15	15	22	23	15	23	32	19	29	15	26	29	20	23	24	
<i>Brassica napus</i> (kult.)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4 = 75 - 50	
<i>Elymus repens</i>	1	1	-	-	-	-	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	3 = 50 - 25	
<i>Matricaria recutita</i>	2a	2a	2b	1	2a	1	1		2a	2b	2a	2a	1	1	1	3	2a	2a	2b = 25 - 15
<i>Sisymbrium officinale</i>	2a	2a	2b	2b	2a	-	-	1	-	1	2b	2a	1	2b	2a	2a	2a	2a	2a = 15 - 5
<i>Papaver rhoes</i>	2a	2a	1	-	-	1	1	1	-	1	-	1	-	1	1	1	-	1	1 = 1 - 5
<i>Bromus sterilis</i>	1	-	1	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	1		+ = unter 1
<i>Dactylis glomerata</i>	1	1	1	-	-	-	-	1	-	1	+ 1	-	-	-	-	r	-		r = wenige, subvitale Individuen
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Viola arvensis</i>	2b	2a	2a	1	1	2b	2b	-	2a	2a	2b	2b	2a	-	1	2b	2b	2a	
<i>Persicaria amphibia</i>	2a	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2b	-	-	-	+	1	-		
<i>Polygonum aviculare</i>	2a	-	-	1	1	2a	-	-	1	1	2a	-	1	-	1	2a	2b	-	
<i>Epilobium tetragonum</i>	+	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	+ 1	1	1	-	1	1	-	-	+	
<i>Stellaria media</i>	3	3	-	3	-	3	-	2b	-	1	2a	-	2b	-	-	-	1	2b	
<i>Aphanes arvensis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2a	-	-	1	-	-	-		
<i>Tripleurospermum perforatum</i>	1	1	1	-	-	1	-	-	3	2b	1	2b	2a	-	1	1	-		
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+	1	1	+	1	1	-	-	1	+	1	+	1	1	-	1	1	1	
<i>Cirsium arvense</i>	1	1	1	+	-	-	1	1	1	-	1	1	r	-	2a	+	+	-	
<i>Galium aparine</i>	1	2b	-	-	-	-	1	2a	1	1	-	1	-	-	-	1	1		
<i>Alopecurus myosuroides</i>	1	1	1	-	-	-	1	-	1	1	-	-	1	-	1	-	1		
<i>Falllopia convolvulus</i>	+	-	-	-	1	1	-	-	-	+	1	-	-	+	-	-	-		
<i>Carduus crispus</i>	1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1		
<i>Myosotis arvensis</i>	1	-	1	+	1	1	2b	-	2a	2a	1	2b	2b	2a	2b	-	-		
<i>Vicia tetrasperma</i>	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Holcus lanatus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-		
<i>Vicia hirsuta</i>	1	-	1	3	+	1	1	+	-	-	-	-	-	1	2a	-	-	-	
<i>Lamium purpureum</i>	r	-	r	-	-	-	-	-	-	-	r	-	-	r	+	-	-		
<i>Cirsium vulgare</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Veronica persica</i>	1	r	-	-	-	-	-	-	-	-	2a	-	r	-	-	-	-		

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

12

Dia 1: Sippen sortiert nach Gewichtungszahlen in den Kontrollflächen

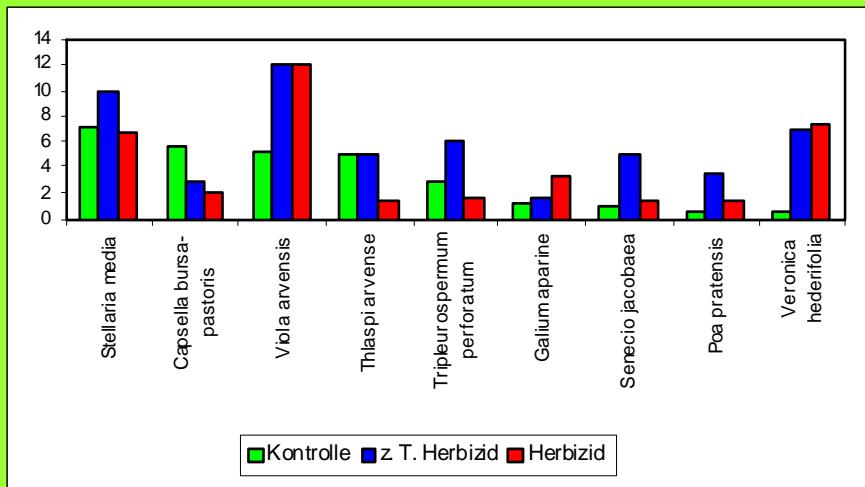


- Hinsichtlich des Herbicideinsatzes (BASTA®) zeigt sich deutlich eine **Zunahme bestimmter Beikräuter**. Problemunkräuter, die oftmals zu Herbizidresistenz neigen, wurden gefördert. Andere Beikräuter, welche unter konventioneller Nutzung (Kontrollflächen) anzutreffen waren, wurden gänzlich verdrängt (Einheiten beziehen sich auf Gewichtungsklassen).

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

13

Dia 2: Ausgewählte Beikräuter, die unter Herbizideinwirkungen eine Zunahme zu verzeichnen haben. Im speziellen sind *Viola arvensis* (Acker-Stiefmütterchen) und *Veronica hederifolia* (Efeublättriger Ehrenpreis) zu nennen



Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

14

- Raps ist ein **Epökophyt**: Er zeigt offensichtlich dauerhafte Einbürgerungen an Standorten, die in aller Regel durch Pflegemaßnahmen beeinflusst oder bestimmt werden, so an Straßenrändern, die einer Schalmahd unterliegen, auf herbizidbehandelten oder mechanisch offen gehaltenen Bahngleisen sowie an häufig gemähten Böschungen kanalisierter Vorfluter. Nur menschliche Tätigkeiten können die Sukzession verhindern.
- An Standorten, bei denen extensivere oder überhaupt keine Pflegemaßnahmen durchgeführt werden, scheint sich bis auf wenige, weiter zu beobachtenden Ausnahmen, Raps nicht halten zu können. Allerdings muss studiert werden, ob hier ein intermittierendes Verhalten vorliegt, d.h. ob Raps eine **Diasporenbank** aufbauen kann, aus der sich die Art nach einem intensiven Eingriff in einer sonst extensiv genutzten Fläche regenerieren kann oder eine Neueinschleppung für eine Wiederansiedlung nötig ist (Diasporenbank: nach BEISMANN et al. 2003 können Rapssamen bis zu 10 Jahren im Boden überdauern - es gilt zu untersuchen, welche Faktoren die Keimfähigkeit beeinflussen).

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

15

- Ruderalstellen, wie z. B. Baugelände, fungieren als „**Trittsteinbiotope**“ für die Ausbreitung von Raps. Auch wenn diese Standorte nicht von Dauer sind, so zeigt sich, dass ausgehend von hier, benachbarte Straßenräder besiedelt werden können und dort eine weitere Ausbreitung stattfindet. Teilweise waren derartige Gelände selbst zuvor Rapsäcker und weisen noch eine Diasporenbank im Boden auf.
- Vegetationsaufnahmen zeigen Ähnlichkeit verwilderter Rapsvorkommen zu der Vegetation der Rapsäcker.
- Es ergeben sich Ähnlichkeiten durch entsprechende **Bearbeitungsweisen** (Ackerbewirtschaftung/Schalmahd).
- Morphologische Studien an einigen potenziellen **Kreuzungspartnern** in NRW (u.a. *Sinapis arvensis* und *Hirschfeldia incana*) geben keine Hinweise auf eine eventuelle Introgression von Raps.

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

16

- Wechselwirkungen zwischen Ansaaten und verwildertem Raps sind zu beachten. So zeigt sich, dass Raps auf einigen Flächen, die mit Saaten aus Gräsern sowie Saat-Hornklee und anderen Leguminosen nicht-„autochtoner“ Herkunft begrünt wurden, sich anscheinend recht gut etablieren konnte. Weitere Studien zur **Sukzession** müssen allerdings die Dauerhaftigkeit dieser Bestände bestätigen.

- Raps ist – wenigstens zur Zeit – noch kein aggressiver "Problemneophyt", der einheimische Sippen verdrängt oder in gefährdete Pflanzengesellschaften eindringt. Es lässt sich zwar nicht sagen, dass die Art nicht unbesetzte ökologische Nischen besetzt, bedeutsame Verdrängungsphänomene lassen sich aber nicht erkennen. Hinsichtlich eines eventuellen Umschlagens zum invasiven oder kolonisierenden Neophyten ist jedoch ein regelmäßiges Monitoring notwendig.
- Erfahrungen mit *Senecio inaequidens* (Schmalblättriges Greiskraut) zeigen, dass nach langer, unauffälliger Latenzzeit eine "Explosion" der Bestände erfolgen kann.
- Weitere Beispiele sind u. a. *Heracleum mantegazzianum* und *Solidago gigantea*. Letztere verdrängte u.a. im Oberrheintal auf Flussschottern großflächig **Rote Liste-Arten**.
- Solche Effekte können aufgrund genetischer Veränderungen, spontan auftretender Selektionsvorteile oder durch Ausbildung von Ökotypen verursacht werden.

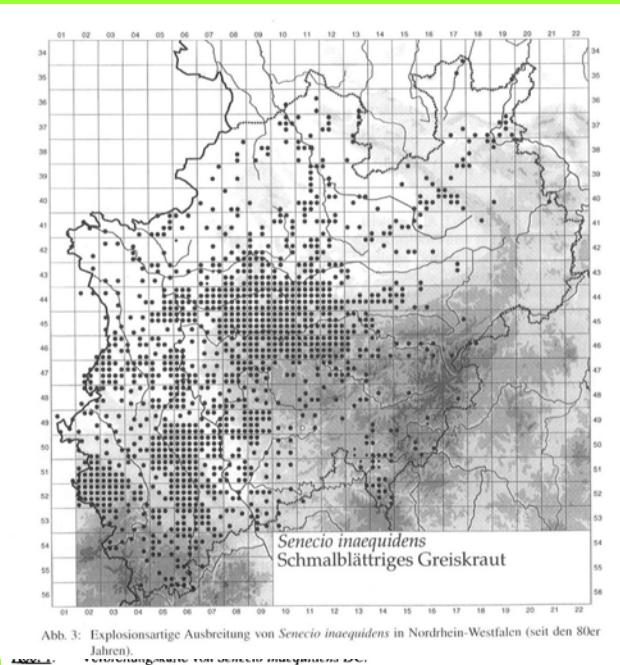


Abb. 4: Die Ausbreitung von *Senecio inaequidens* in den Jahren 1993, 1995 und 1999

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

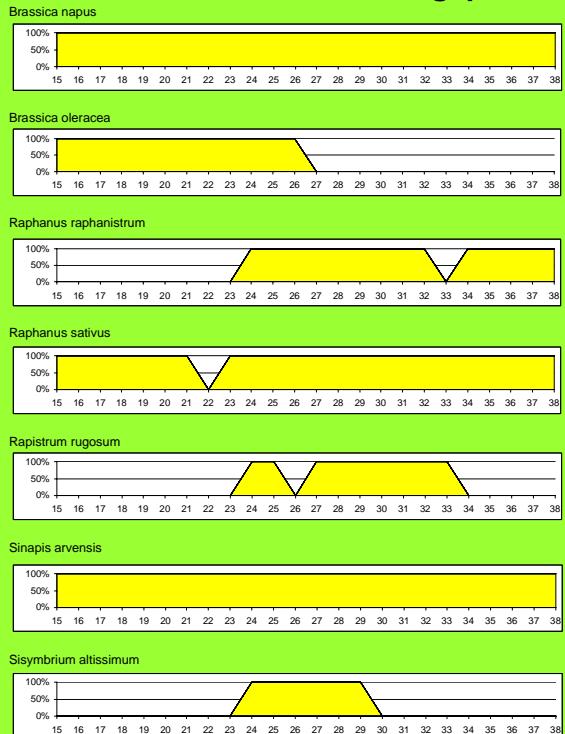
19

- Alle Fälle, in denen Raps sich in **flächenhaften Biotopstrukturen** längerfristig halten kann, verdienen besondere Aufmerksamkeit und sollten pflanzensoziologisch und auch nach anderen ökologischen Parametern hin untersucht werden.
- Pedologische Klassifizierungen: Straßenbankette weisen weitgehend **identisch aufgebaute Syroseme** auf.
- Verwilderter Raps zeigt insgesamt **keine Bindung** an bestimmte **Bodentypen** oder **Bodenarten**.
- **pH-Untersuchungen** zeigen eine Standortamplitude von schwach sauren bis mäßig basischen Böden, was insgesamt auch der Bodenwahl des Rapsanbaus entspricht.

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

20

Dia 3: Potentielle Kreuzungspartner und ihre Blühfenster



- Phänologische Studien bestätigen, -> Raps weist eine ganzjährige Blühbereitschaft auf und stellt daher eine kontinuierliche Pollen- und Diasporenquelle dar; somit besteht über die gesamte Vegetationsperiode hinweg die Möglichkeit zur Hybridbildung (Einkreuzung von HR-Raps-Genen).

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

21

Als potenzielle Kreuzungspartner sind unter Kulturbedingungen folgende Sippen nachgewiesen:

Brassica carinata
Brassica fruticulosa
Brassica juncea
Brassica nigra
Brassica oleracea
Brassica rapa
Brassica napus
Brassica tournefortii
Diplotaxis muralis
Diplotaxis tenuifolia
Diplotaxis viminea
Eruca sativa
Erucastrum gallicum
Erucastrum nasturtiifolium
Hirschfeldia incana
Raphanus raphanistrum
Raphanus sativus
Rapistrum perenne
Rapistrum rugosum
Sinapis alba
Sinapis arvensis

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

22

Rückschlüsse für Methoden und Instrumente eines Monitorings

- Der Einfluss von feldmäßig angebautem Raps auf die Begleitfluren ist weiterhin zu beobachten, insbesondere sind Fragen nach den **Unterschieden der Begleitflora und -vegetation** zu klären:
 - zwischen konventionellem Raps in
 - konventionellem Anbau,
 - konventionellem Raps in ökologischem Anbau,
 - HR-Raps.

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

23

- Wesentliche Methoden: pflanzensoziologische Erfassungsstandards (vor allem **Braun-Blanquet-Methode**); zugrundeliegende Skalen können nach Erfordernissen vor Ort verfeinert werden.
- Für eine hinreichend genaue Abschätzung einer eventuellen Introgression ist eine **jährliche Untersuchung** erforderlich, um die Dynamik der Bestände verfolgen zu können und um der Lebensform des Rapses (Therophyt) gerecht zu werden.

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

24

- Aus den phänologischen Beobachtungen ist zu entnehmen, dass Raps über die gesamte Vegetationsperiode hinweg eine **kontinuierliche Pollenquelle** darstellt und Monitoringkonzepte demnach entsprechend langfristig anzulegen sind.
- Die Untersuchungen aus Phase 1 legen außerdem nahe, dass bei einem Monitoring der Bezug zum Naturraum eine wesentliche Rolle spielt und die Einbürgerung von Rapspopulationen beeinflusst. In diesem Zusammenhang gilt das **regionale Kleinklima** als entscheidender Faktor (beispielsweise gibt es keine eingebürgerten Populationen im Süderbergland).
- Ein verstärktes Augenmerk gilt den **Ausbreitungswegen** - da sich v. a. im Ruhrgebiet Raps zunehmend einbürgert - an Stellen, an denen offenbar kein Transport stattfindet.

Die Bedeutung von Kartierungen im Rahmen eines Raps-Monitoringkonzeptes

- floristische Kartierungen: zuverlässig konnten Vorkommen des Raps und seine **Verbreitung** ermittelt werden.
- vegetationskundliche Kartierungen: wie verhält sich Raps in den entsprechenden **Gesellschaften**, wie dehnen sich seine Vorkommen aus.
- Biotoptypenkartierung: in welchen Biotopen konnte sich Raps etablieren. Ein Monitoring ist den **Blühperioden** anzupassen, d. h. gegen Ende der Hauptblüte anzuberaumen, da zu dieser Zeit alle bereits vor der Fruchtreife stehenden Exemplare, sowie die juvenilen Individuen, welche später im Jahr zu Blüte und Frucht gelangen, erfassbar sind.
- Kartierungen im Rahmen eines Monitorings sind v. a. dann kostengünstig, wenn auf **ehrenamtliche Mitarbeiter** zurückgegriffen werden kann.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Monitoring von HR-Raps in NRW
[Berlin-27.05.03]

Niedersächsisches Modellprojekt: Konzeptentwicklung für ein Langzeitmonitoring von HR-Raps

Dr. Nicola Hofmann , Dr. Sigrun Feldmann, Thomas Thienel und Dr. Gabriele Neuber

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie

Zielstellung

Das Niedersächsische Modellprojekt befasst sich am Beispiel von herbizidresistentem Winterraps (HR-Raps) mit der Verbreitung und möglichen Anreicherung transgener DNA-Sequenzen in der Umwelt. Die Untersuchungen werden exemplarisch an einem einjährigen Freisetzungsvorversuch von HR-Raps durchgeführt (2000/ 2001) und umfassen einen zweijährigen Nachuntersuchungszeitraum.

Ein wesentliches Ziel des Modellprojektes ist es, standardisierte Routinemethoden zu entwickeln, um Transgensequenzen in der Umwelt nachweisen und mögliche Auswirkungen des Anbaus transgener Pflanzen auf die Vegetation erfassen zu können. Außerdem werden molekulare Verfahren etabliert, mit denen sich potentielle Veränderungen der mikrobiellen Gemeinschaft, im Boden erkennen lassen. Im Rahmen des Projektes wird ein Konzept zur Methodik der Probenahme, sowie Anzahl und Zeitpunkt der Beprobungen erarbeitet und auf Praktikabilität getestet.

Untersuchungsgebiete

Um die Einbindung eines GVP-Monitorings in bestehende Umweltbeobachtungsprogramme zu prüfen, wird im Pilotprojekt das Bodendauerbeobachtungsprogramm (BDF) Niedersachsens genutzt.

Im niedersächsischen BDF-Programm, das seit mehr als 10 Jahren besteht, sind nach Nutzungs- und Bodentyp 90 Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet, von denen 70 landwirtschaftlich genutzt sind. Je nach Fruchtfolge wird davon auf etwa 10 Flächen pro Jahr Raps angebaut. Die derzeit im BDF-Programm routinemäßig durchgeföhrten Untersuchungen bieten zahlreiche Anknüpfungspunkte für ein GVP-Monitoring. So werden beispielsweise im Rahmen einer Grundinventur auf den 1 ha großen Flächen des Programms alle 7 – 10 Jahre verschiedene bodenchemische und bodenphysikalische Parameter erfasst. Daneben werden routinemäßig jährlich mikrobiologische Summenparameter (Basalatmung, mikrobielle Biomasse, metabolischer Quotient) bestimmt und eine Grundwasseranalytik durchgeführt.

Die vegetationskundlichen Untersuchungen umfassen die Erstellung von Gesamtartenlisten auf den Flächen (7 – 10 Jahre), eine floristische Inventarisierung mit

Notierung der Biotopstrukturen der Umgebung (500 m Umkreis), sowie alle 3 – 5 Jahre die Aufnahme der Vegetation (mit Deckungsgrad) innerhalb von 4 homogenen Kernflächen á 50 qm, die in der 1 ha-BDF eingemessen sind.

Weitere Vorteile, die für einem Monitoring interessant wären, sind die langfristige vertragliche Sicherung der Flächen, sowie die Archivierung der Bodenproben seit Untersuchungsbeginn.

Fünf Felder aus dem niedersächsischen Bodendauerbeobachtungsprogramm, auf denen konventioneller Raps angebaut wird, dienen im Pilotprojekt als Referenzflächen.

Methoden und Ergebnisse

Die vegetationskundlichen und bodenmikrobiologischen Untersuchungen werden methodisch eng an dieses etablierte Programm angelehnt und bedarfsgerecht erweitert.

Für die Erweiterung des BDF-Programms um transgenspezifische Aspekte werden zusätzlich molekulare Methoden etabliert und auf ihre Eignung im Rahmen eines Monitorings überprüft.

Dazu gehören die DNA-Extraktion und DNA-Reinigung aus Bodenproben mittels kommerzieller Kits, PCR-Analysen zum Nachweis transgener Sequenzen und DNA-Fingerprint-Analysen mittels DGGE.

In Anlehnung an das Untersuchungsprogramm des BDF werden auf den als Referenzfeldern gewählten BDF-Flächen und der analog eingerichteten Freisetzungsfäche (FF; 0,4 ha Größe), sowie den Äckern in denen die Flächen liegen, die Gesamtartenbestände erhoben. In beiden Untersuchungsjahren traten nur wenige Ackerbegleitarten auf. Es zeigte sich jedoch, dass im zweiten Untersuchungsjahr mehr als 20% Neufunde verzeichnet wurden, wobei damit gerechnet werden kann, dass auch in folgenden Jahren noch weitere Arten erfasst werden können.

Weiterhin wird mittels Vegetationsaufnahmen, die analog zum BDF-Programm durchgeführt werden, auf jeweils 4 definierten Kernflächen innerhalb der Fläche untersucht, ob die Ackerflora durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen und/ oder damit verbundener veränderter ackerbaulicher Maßnahmen beeinflusst wird (Verdrängung von Arten, Entstehung resistenter Arten). Insgesamt wurde in diesen Bereichen nur eine geringe Artenzahl festgestellt.

In Erweiterung des BDF-Programms werden im Umkreis von 1 km um die Flächen potentielle Zielarten/ Kreuzungspartner qualitativ und quantitativ erfasst und die Auskreuzung in verwandte Wildarten untersucht.

An allen Untersuchungsstandorten wurden *B. napus* und *S. arvensis* in umfangreichen Beständen festgestellt. *D. muralis*, *R. sativum*, *R. raphanistrum*, *B. rapa* und *S. alba* traten in geringem Umfang auf.

Die potentiellen Kreuzungspartner wurden durch Entnahme von Blatt- und Samenmaterial beprobt und molekularbiologisch oder mittels eines Keimungstests (der die Empfindlichkeit der keimenden Pflanzen gegenüber dem Komplementärherbizid ausnutzt) auf das Vorhandensein des Transgens untersucht.

Die dabei entwickelte Strategie zur Probenahme und Laboranalytik der Blattproben als Sammelmischproben erwies sich als routinemäßig durchführbar, während sich die Methodik der Samenanalyse zwar als sensitiv, jedoch als zu aufwendig herausstellte.

Wie erwartet waren vor Anbau von GVP mit Hilfe der Kreuzblütlerkartierungen und molekularen Analysen keine transgenen Individuen in den Kreuzblütlerbeständen nachweisbar. Nach der Freisetzung konnte an vier Standorten außerhalb der Freisetzungsfläche transgener Ruderalraps festgestellt werden. Transgene Wildarten wurden bisher nicht gefunden.

Um mögliche Auswirkungen des Anbaus von transgendem HR-Raps auf die mikrobiellen Gemeinschaften im Boden untersuchen zu können, werden ergänzend zu den mikrobiologischen Untersuchungen im BDF-Programm (Bestimmung der Basalatmung und mikrobieller Biomasse) PCR-Fingerprintverfahren, schwerpunktmäßig die DGGE, etabliert und an unterschiedlichen Bodentypen erprobt. Die hierzu entwickelte DNA-Extraktionsmethode und PCR-Amplifizierung ließ sich an allen bisher getesteten Bodentypen erfolgreich anwenden.

Durch die Analysen lassen sich jahreszeitliche Schwankungen in den mikrobiellen Gemeinschaften der Flächen erkennen. Die Zusammensetzung der Bakterienpopulationen variieren mit dem Bodentyp, wobei Paralleluntersuchungen der 4 Kernflächen einer BDF einheitlich sind. Nach dem Einsatz des Komplementärherbizids auf Teilflächen der FF lassen sich leichte, vorübergehende Verschiebungen in der Struktur der bakteriellen Gemeinschaft erfassen.

Eine weitere Fragestellung des Projektes befasst sich mit der Stabilität von Transgensequenzen in Bodenproben.

Hierzu wurde eine effiziente Methode zur DNA-Extraktion aus Bodenproben etabliert und die PCR-Amplifizierung der Transgensequenz auf ihre Empfindlichkeit überprüft. Die Methoden wurden erfolgreich an zahlreichen Bodentypen erprobt und sind routinemäßig einsetzbar.

Die Nachweisempfindlichkeit für das HR-vermittelnde Genkonstrukt lag zwischen 40 und 65 pg transgener DNA/PCR aus einer Bodenprobe von 500 mg (entspricht 17-28 DNA Kopien) und ist mit den Empfindlichkeiten anderer Laboratorien vergleichbar.

Zukünftig sollen noch weitere häufig genutzte gentechnisch veränderte Konstrukte getestet und die Nachweisempfindlichkeiten bestimmt werden.

Durch die bisher durchgeführten Untersuchungen wurde deutlich, dass auf allen untersuchten Flächen vor Anbau von GVP wie erwartet keine Transgensequenzen im Boden nachweisbar waren.

Nach der Freisetzung von transgenem Raps ließ sich das Transgen bis 5 Wochen nach dem Untergraben der Pflanzen im Boden detektieren. An einem darüberhinaus untersuchten, langjährigen Freisetzungsort gelang der Transgennachweis 12 Wochen nach der Ernte nicht mehr, so dass hier bislang keine Anreicherung des Transgens im Boden festgestellt werden konnte. Zur Zeit wird überprüft, ob mittels quantitativer PCR eine höhere Nachweisempfindlichkeit erreicht werden kann.

Schlussfolgerungen

Beim derzeitigen Stand des Pilotprojektes lässt sich zusammenfassend feststellen, dass das erarbeitete Untersuchungskonzept im Rahmen eines GVP-Monitorings nutzbar wäre und die bisher etablierten Methoden für den routinemäßigen Einsatz geeignet sind.

Bei der Entwicklung eines Monitoringkonzeptes für gentechnisch veränderte Kulturpflanzen ist es aus Effizienzgründen unbedingt geboten, auf etablierte Untersuchungsprogramme zurückzugreifen und diese entsprechend zu erweitern.

Nach den derzeitigen Erkenntnissen ist hierbei das niedersächsische Bodendauerbeobachtungsprogramm als Plattform für ein erweitertes Langzeitmonitoring gentechnisch veränderter Pflanzen überwiegend positiv zu bewerten.

Neben der BDF-Konzeption sind die dort routinemäßig eingesetzten Methoden zur Bodendauerbeobachtung, im wesentlichen die vegetationskundlichen Untersuchungen sowie die mikrobiologischen, bodenphysikalischen und -chemischen Parameter auch für ein Monitoring von GVP nutzbar.

Das bestehende Programm wäre jedoch in Zukunft um Messgrößen wie beispielsweise die Analyse der mikrobiellen Gemeinschaften, den Nachweis transgener DNA sowie Vegetationsaufnahmen, die auf den Anbau der entsprechenden Kulturpflanzenarten abgestimmt sind (Kreuzungspartner-Kartierung), zu erweitern.

Kontakt: nicola.hofmann@nloe.niedersachsen.de

Fachtagung: „Monitoring von Umweltwirkungen
gentechnisch veränderter Organismen“

Niedersächsisches Modellprojekt:
Konzeptentwicklung für ein Langzeitmonitoring
von HR-Raps

Berlin, den 27.05.2003

Fachtagung: Monitoring - Ergebnisse der Modellprojekte
Dr. N. Hofmann, Dr. G. Neuber
nicola.hofmann@nloe.niedersachsen.de



Niedersächsisches
Landesamt für
Ökologie

Fragestellung: Monitoring HR-Raps

⇒ Parameter: Boden und Vegetation

**Kommt es in der Umgebung von transgenen Rapsfeldern durch Auskreuzung/
Samenaustausch zur Anreicherung von Transgensequenzen?**

- Kartierung von potentiellen Zielarten/Kreuzungspartnern
- Erfassung der Auskreuzung in verwandte Wildarten
- Beeinflussung der Ackerflora (Verdrängung von Arten)

**Kommt es durch den Anbau von GVP zum Eintrag und zur Anreicherung
transgener DNA im Boden?**

- Nachweis transgener DNA im Boden

Gibt es Auswirkungen auf die mikrobielle Diversität?

- Analyse von Bakterienpopulationen im Boden, Erfassung von jahreszeitlichen und nutzungsspezifischen Schwankungen



Ziele des Projektes

- **Entwicklung und Erprobung von Monitoringmethoden**
- **Anbindung an bestehende Umweltbeobachtungssysteme**

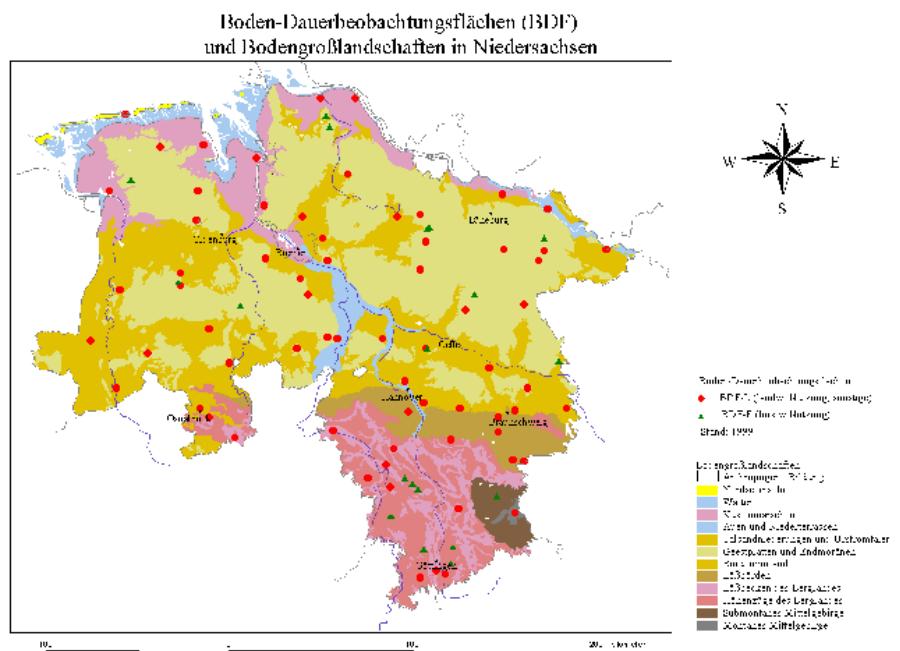
⇒ Konzeptentwicklung
für ein
Langzeitmonitoring von HR-Raps



Niedersächsisches BDF-Programm

- besteht seit mehr als 10 Jahren
- insgesamt 90 Flächen, davon 70 landwirtschaftlich genutzt
- Auswahlkriterien: Bodentyp und Bodenbelastung/
Nutzungstyp
- langfristige vertragliche Sicherung der Flächen
- regelmäßige Untersuchungen verschiedenster Parameter in
Boden und Vegetation
- Archivierung der Bodenproben





Parameter im BDF-Programm, die für ein Monitoring interessant sind

Vegetationsuntersuchungen

- Standardisierte Methoden
- Gesamtartenbestand auf 1 ha BDF (7-10 J.)
 - rote Liste Arten: Populationsgrößen
- Umgebung 500m Umkreis (7-10 J.)
 - floristische Inventarisierung, Biotopestrukturen
- Kernflächen á 50 m² (im Fruchtfolgewechsel 3 J.)
 - Artenliste und Deckungswert

Parameter im BDF-Programm, die für ein Monitoring interessant sind

Bodencharakterisierung

- Bodenchemische Parameter (7-10 J.)
- Bodenphysikalische Parameter (7-10 J.)
- Grundwasseranalytik (jährlich)
- Mikrobiologische Analysen (jährlich)
 - Mikrobielle Biomasse
 - Basalatmung
 - Metabolischer Quotient



Projektdurchführung

Untersuchungen auf einer Freisetzungsfäche (FF) mit HR-Raps

- 0,4 ha Versuchsfläche
- keine Mantelsaat
- Anwendung des Komplementärherbizides auf Teilflächen

Auswahl von je 2 Referenzflächen pro Jahr aus dem BDF-Programm

- Anbau von konventionellem Winterraps



Projektdurchführung - Parameter Vegetation

Durchführung von Vegetationsuntersuchungen analog zum BDF-Programm

- Artenbestände auf der FF und zwei BDF
 - ☒ sehr geringes Aufkommen an Ackerbegleitarten, mehr als 20% Neufunde im 2. Untersuchungsjahr
- Vegetationserfassung in den Kernflächen der FF und BDF
 - ☒ geringe Artenzahl

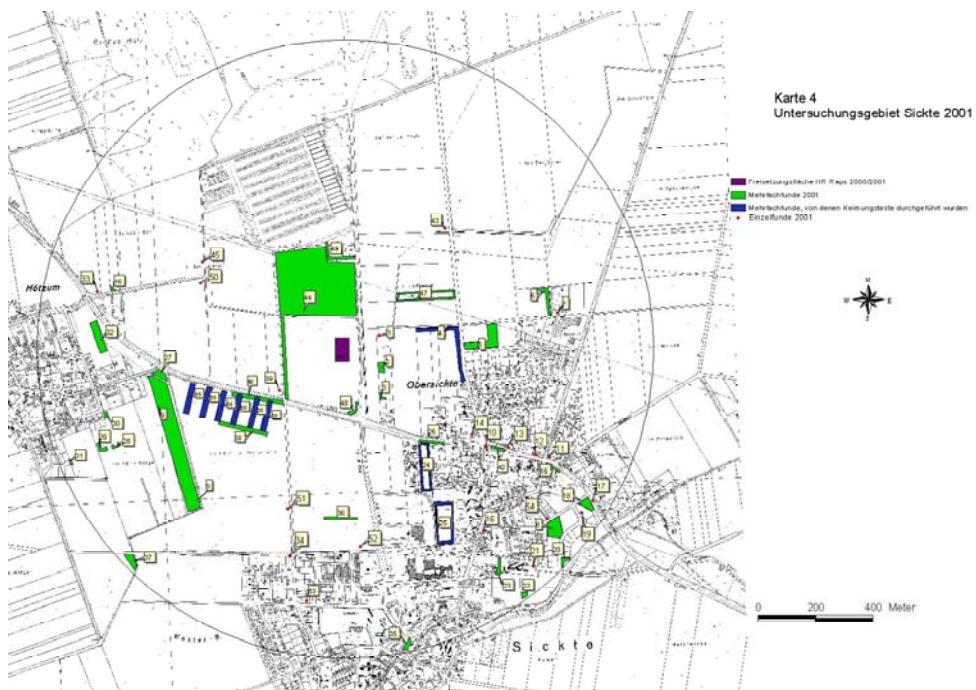


Projektdurchführung - Parameter Vegetation

Zusätzlich durchgeführte Vegetationsuntersuchungen

- Kartierung und Beprobung von potentiellen Kreuzungspartnern in 1 km Umkreis der Flächen
 - ☒ Bestimmung von Fundort und Individuenzahl in 3 Begehungen
 - ☒ Raps und *S. arvensis* in umfangreichen Mengen an allen 3 Standorten
 - ☒ ansonsten *D. muralis*, *R. sativum*, *R. raphanistrum*, *B. rapa* und *S. alba* in weniger bedeutendem Umfang





Projektdurchführung - Transgenität in Pflanzenmaterial

Untersuchung auf Transgenität bei den BDF

- Entnahme von Blattmaterial (Ausgangszustand bei BDF)
 - ☒ im Blattmaterial konnten keine Gensequenzen für
Bastaresistenz nachgewiesen werden

Projektdurchführung - Transgenität in Pflanzenmaterial

Untersuchung auf Transgenität bei der FF

- Entnahme von Blattmaterial (Ausgangszustand)
 - ☒ im Blattmaterial konnten keine Gensequenzen für Bastaresistenz nachgewiesen werden
- Entnahme u. Untersuchung v. Samenmaterial (Auskreuzung)
 - Test reifer Rapssamen (Keimungstest)
 - ☒ Nachweis des Transgens an 4 Fundorten außerhalb der FF
 - Test unreifer Schoten
 - ☒ kein Nachweis des Transgens, Methode zu aufwendig



Projektdurchführung - Transgenität in Pflanzenmaterial

Methodik zum Nachweis des Transgens in Pflanzenmaterial

Untersuchung auf Transgenität im Blattmaterial

- einfache routinemäßige Durchführung
- entwickeltes Probenahmeschema anwendbar (Probenahmemengen)
- Untersuchungsmethode geeignet (Sammelproben, Nachweisempfindlichkeit)

Untersuchung auf Transgenität im Samenmaterial

- Durchführung im Projekt erfolgreich
- Methodik für Routineanwendung zu aufwendig



Projektdurchführung - Parameter Boden

- Bodenmikrobiologische Analysen analog zum BDF-Programm auf der FF
- und Vergleich mit den BDF-Daten der Referenzflächen

☒ Ergebnisse auf der FF im Rahmen der Referenzflächen und anderer landwirtschaftlich genutzter Flächen des BDF



Projektdurchführung - Parameter Boden

Erweiterung der Bodenuntersuchungen des BDF-Programms durch:

- Nachweis Transgensequenzen im Boden
 - ☒ [Validierung](#) der entwickelten DNA-Extraktionsmethode an verschiedenen Bodentypen
 - ☒ [Anwendung](#) bei BDF und Freisetzungstandorten
 - ☒ Ausgangszustand BDF: es konnten keine Gensequenzen für Bastaresistenz nachgewiesen werden
 - ☒ HR-Raps 2001: Nachweis bis 6 Wochen nach Ernte (5 Wochen nach Fräsen)
 - ☒ kein Nachweis 12 Wochen nach Ernte auf langjährigem Standort



Projektdurchführung - Parameter Boden

Erweiterung der Bodenuntersuchungen des BDF-Programms durch:

- Analyse mikrobieller Gemeinschaften mittels Fingerprintmethoden
 - ☒ [Durchführung](#) DNA-Extraktion aus Boden und PCR-Amplifikation erfolgreich an allen bisher getesteten Bodentypen
 - ☒ [Untersuchung](#) der Proben mittels DGGE
 - ☒ geringe jahreszeitliche Schwankungen
 - ☒ Unterschiede der Bandenmuster mit Bodentyp variierend
 - ☒ leichte, vorübergehende Verschiebungen nach Komplementärherbizideinsatz erkennbar



Zusammenfassung - Ergebnisse Methodenanwendung

Kommt es in der Umgebung von transgenen Rapsfeldern durch Auskreuzung/Samenaustausch zur Anreicherung von Transgensequenzen ?

- vor Anbau von GVP (Basislinie) keine BASTA-resistenten Individuen in Kreuzblütlerbeständen nachzuweisen
- nach Freisetzung Nachweis von transgendem Raps an 4 Standorten außerhalb der FF mittels Kombination verschiedener Analysen
- bisher keine transgenen Wildarten nachweisbar

Kommt es durch den Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen zum Eintrag und zur Anreicherung transgener DNA im Boden ?

- Vor Anbau von GVP keine Transgensequenzen im Boden nachweisbar
- nach Freisetzung bis 5 Wochen nach Untergraben der Pflanzen nachweisbar
- kein Nachweis 12 Wochen nach Ernte an langjährigem Standort

Gibt es Auswirkungen auf die mikrobielle Diversität ?

- leichte, vorübergehende Verschiebungen nach Herbizideinsatz erkennbar
- geringe jahreszeitliche Schwankungen
- Unterschiede der Bandenmuster mit Bodentyp variierend



Konzeptvorschlag

Ableitung von Vorschlägen zum Monitoring von HR-Raps aus den verwendeten Methoden zu den Parametern

- **Bodencharakterisierung**
- **Auskreuzung**
- **Ackerbegleitvegetation**
- **Boden**



Zusammenfassung

- Die bisher entwickelten Methoden lassen sich routinemäßig in einem Monitoring durchführen
- Ein Monitoringkonzept kann die im BDF-Programm bereits durchgeführten Analysen nutzen.
- Erweiterung in einigen Aspekten notwendig
- Nutzung der BDF als Referenzflächen
- Die Nutzung des BDF-Programmes als Plattform für ein Monitoring ist positiv zu bewerten.



Kooperationspartner

Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hildesheim
Dr. N. Hofmann, Dr. S. Feldmann, Dr. G. Neuber, T. Thienel

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Bremen
Dr. B. Kleefisch, Dr. H. Höper

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig
Dr. J. Schiemann

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Kleinmachnow
Dr. B. Hommel

Ökologiebüro, Bremen
F. Hofmann



Baseline-Studie zur Variation ökologischer Parameter beim Kartoffelanbau für das Langzeitmonitoring transgener Pflanzen

Andreas Ulrich¹, Regina Becker¹, Steffen Malt², Torsten Hoffmann³, Wolfgang Seyfarth¹

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF), ¹Institut für Primärproduktion und Mikrobielle Ökologie, ²Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie, Müncheberg, ³Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, Referat Bio- und Chemikaliensicherheit, Potsdam

Zielstellung

Im Modellprojekt des Landes Brandenburg wird in Vorbereitung des Langzeitmonitorings transgener Kulturpflanzen die Variation ökologischer Parameter beim Anbau von Kartoffeln analysiert. Ziel der Untersuchungen ist es, im Rahmen einer Baseline-Studie ökologisch relevante Parameter der Agrarbiozönose „Kartoffelfeld“ zu analysieren und hinsichtlich ihrer Eignung für das Monitoring gentechnisch veränderter Kartoffeln zu bewerten. Die auf Praxisflächen durchgeführte Studie konzentriert sich auf die Untersuchung der Boden- und pflanzenassoziierten Mikroflora, der Begleitfauna und -flora sowie auf die Abschätzung des Ausbreitungspotentials der Kartoffel. Daneben werden zur Kennzeichnung der Versuchsbedingungen Standort- und Witterungsgrößen erfasst. Untersuchungsgrundlage sind jährlich 11, in der Bodenqualität (Textur, Gehalte an organischer Bodensubstanz) und im Bewirtschaftungssystem (Ökologischer Landbau vs. Integrierter Pflanzenbau mittlerer und hoher Intensität) differenzierte Kartoffelanbauflächen in unterschiedlichen Regionen Brandenburgs.

Methoden und Ergebnisse

Die Untersuchung der Mikroflora wird mittels T-RFLP (Terminaler Restriktionsfragment-Längen-Polymorphismus) der 16S rDNA durchgeführt. Diese Methode stellt ein kultivierungsunabhängiges Verfahren dar, mit dem es möglich ist, die Zusammensetzung der bakteriellen Gemeinschaften der entsprechenden Habitata direkt zu analysieren. Die vorliegenden Ergebnisse wiesen eine gute Auflösung und Reproduzierbarkeit auf, wobei häufig auch unabhängige Proben desselben Schlagess übereinstimmende Fingerprintmuster lieferten. Im Ergebnis der Clusteranalyse zeigten die T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften des Bodens eine deutliche Standort- und Schlagabhängigkeits, wobei sich tendenziell Abhängigkeiten von der Bodentextur und der Humusversorgung andeuteten. Somit konnten verschiedene Anbauflächen hinsichtlich ihrer bakteriellen Fingerprints voneinander unterscheiden werden. Bei ausreichender Schlaghomogenität ist somit eine standortabhängige

Typisierung der Bodenmikroflora möglich. Die T-RFLP-Muster der Rhizosphäre erwiesen sich ebenfalls standortbeeinflusst (Abb.1). Beim Anbau unterschiedlicher Sorten auf gleichen Standorten war zu erkennen, dass die angebaute Sorte jedoch nur einen geringen Einfluß auf die Zusammensetzung der Mikroflora zu haben scheint. Andrerseits wurde in der Clusteranalyse eine von den Bodenmustern abweichende Gruppierung der Untersuchungsvarianten ausgewiesen. Als mögliche Ursache hierfür kommt sowohl der Einfluss der Kulturart Kartoffel in der Rhizosphäre als auch die jahreszeitlich beeinflusste Dynamik der mikrobiellen Gemeinschaften in Frage. Auch in der Phyllosphäre zeigte sich wiederum eine Standortabhängigkeit. Inwieweit hier ein stärkerer Sorteneinfluß auf die assoziierte Mikroflora besteht, kann noch nicht abschließend bewertet werden.

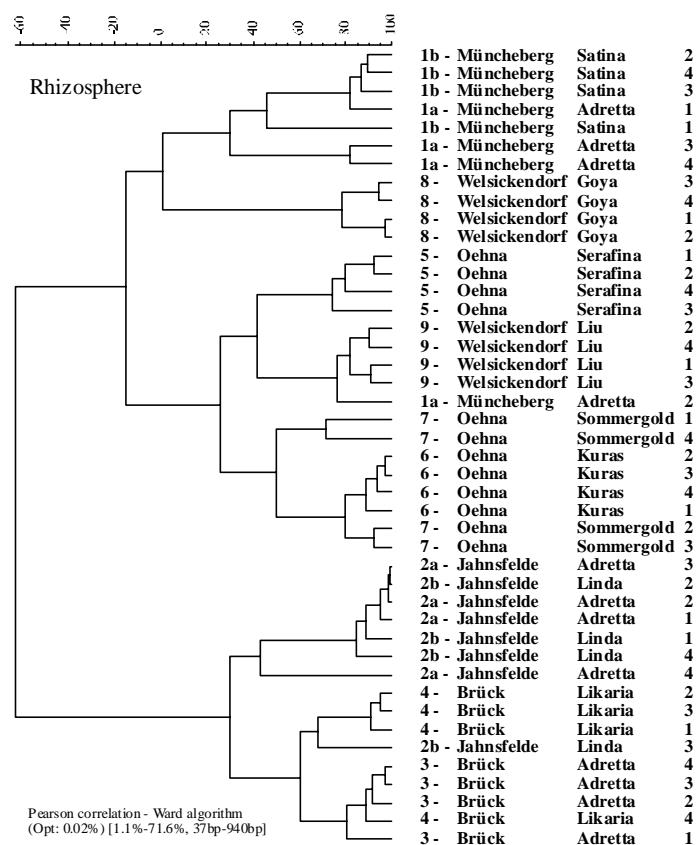


Abb.1: Ähnlichkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Rhizosphäre auf neun Kartoffelschlägen. Zwei Schläge (1 - Müncheberg und 2 – Jahnsfelde) wurden mit zwei Sorten bestellt (Probenahme 2001, 4 Wiederholungen). Die Clusteranalyse basiert auf einer Pearson-Ähnlichkeitsmatrix und der Verrechnung nach dem Ward-Algorithmus.

In den faunistischen Untersuchungen wurden auf allen Untersuchungsschlägen blütenbesuchende Insekten (Schwebfliegen, Hummeln) und phytophage Käfer sowie aktive Laufkäfer (Carabidae) und Spinnentiere (Arachnida: Webspinnen, Weberknechte) erfasst. Dabei wurde bei den blütenbesuchenden Schwebfliegen und Hummeln deutlich, dass sorten- bzw. bestandesspezifische Faktoren die Zusammensetzung der Blütenbesucherzönosen stärker beeinflussen, als regionale, standortspezifische Parameter. So dominierten Hummeln (speziell *Bombus terrestris*) nur in einigen beprobten Kartoffelsorten die Blütenbesuchergemeinschaft. Hinsichtlich Blühphänologie bzw. Blühneigung der Bestände sind die erhaltenen Muster in der Artenkomposition der Blütenbesucherzönosen eher als uneinheitlich zu bezeichnen. Daher muss zunächst offen bleiben, ob Blütenmerkmale und/oder Blattlausbefall oder andere Bestandesparameter die Attraktivität maßgeblich beeinflussen. Demgegenüber scheint die Zönosestruktur der epigäischen Raubarthropoden (Laufkäfer, Spinnen, Weberknechte) vordergründig durch regionale, standortspezifische Faktoren geprägt zu sein. In der Gesamtbetrachtung der analysierten Parameter zur epigäischen Begleitfauna deutet sich ein Zusammenhang zwischen den Mustern in der Artenkomposition und der Bodenart (Textur) an. Da die Textur neben räumlich-strukturellen Habitateigenschaften (Poren, Hohlraumsystem) auch das oberflächennahe Mikroklima prägt, dürfte mit den vorliegenden Bodenarten eine natürliche Variationsursache für die epigäische Begleitfauna gegeben sein.

Eine merkliche Gebietsabhängigkeit konnte in der Gesamtbetrachtung der bisherigen Erhebungen auch für die Kartoffelbegleitflora nachgewiesen werden. Dementsprechend ließen sich die Untersuchungsgebiete bzw. die unterschiedlich bewirtschafteten Betriebsflächen sowohl hinsichtlich des Artenvorkommens als auch in der Abundanz einzelner Arten klar voneinander abgrenzen.



Abb.2: Samenbürtige Kartoffelpflanze.
Unterscheidungsmerkmale zu knollenbürtigen Pflanzen: Einstenglichkeit, Pfahlwurzel

In den Erhebungen zum Ausbreitungspotential der Kartoffel konnte in den durchgeführten Felderhebungen und Beobachtungen sowie durch Keimversuche im Labor gezeigt werden, dass sich Kartoffelpflanzen unter unseren Bedingungen hauptsächlich über ihre frostfesten Samen wild vermehren und in Abhängigkeit von den Keimungs- und Konkurrenzverhältnissen in der Nachfrucht zum bekannten Kartoffeldurchwuchs heranwachsen (Abb. 2). Bei dieser für ein Monitoring transgener Kartoffeln relevanten Eigenschaft deutete sich neben einer Sortenabhängigkeit auch ein starker Standort- und Jahreseinfluss an.

Schlussfolgerungen

Die bisherigen Ergebnisse wiesen insbesondere bei der Boden- und pflanzenassoziierten Mikroflora sowie bei den Laufkäfergemeinschaften einen deutlichen Einfluss des Untersuchungsstandortes aus, wohingegen die Gemeinschaft der blütenbesuchenden Insekten und offensichtlich das Ausbreitungspotential der Kartoffel stärker von der angebauten Kartoffelsorte beeinflusst wurde. Davon ausgehend sollte ein Monitoring transgener Kartoffeln stets die Standortabhängigkeit der ausgewiesenen Parameter berücksichtigen.

Baseline-Studie zur Variation ökologischer Parameter beim Kartoffelanbau für das Langzeitmonitoring transgener Pflanzen

A. Ulrich, R. Becker, S. Malt, T. Hoffmann, W. Seyfarth



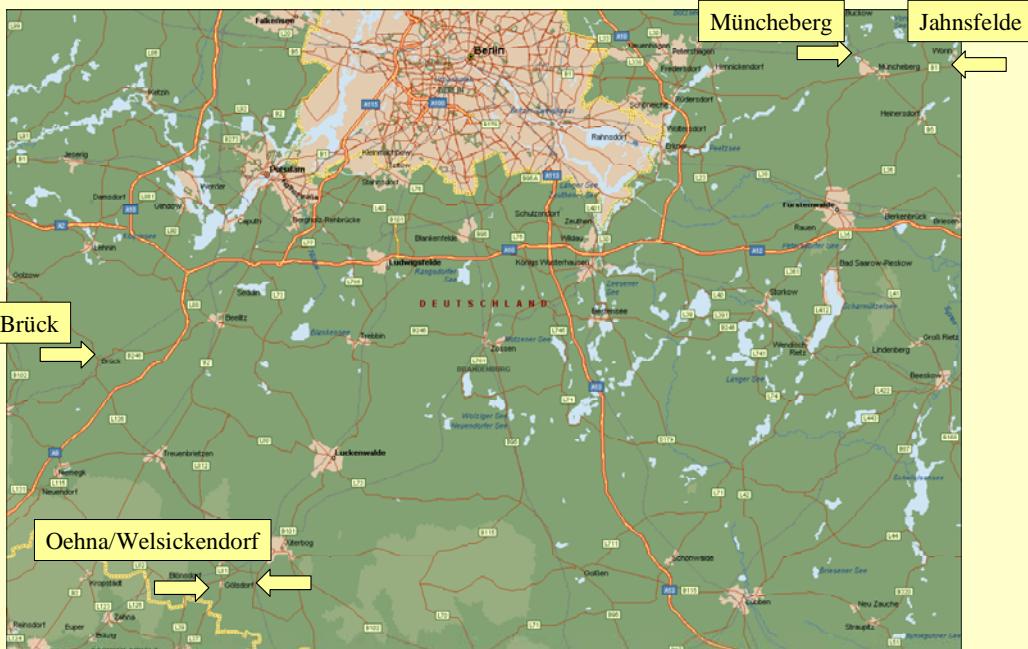
→ Zielstellung

- Untersuchung der Variation ökologischer Parameter beim Anbau von Kartoffeln unter Brandenburger Standortbedingungen (Baseline-Studie)
- Ableitung/Bewertung von Parametern für das Monitoring transgener Kartoffeln

→ Untersuchungsschwerpunkte

- **Charakterisierung der Versuchsbedingungen**
 - schlagspezifische Standort-/Anbaubedingungen
 - Sortenmerkmale
- **Boden- und Pflanzenassoziierte Mikroflora - Struktur der bakteriellen Gemeinschaften**
- **Kartoffelbegleitfauna - Artenspektrum, Dominanz und relative Abundanz von Laufkäfern, Spinnen und blütenbesuchenden Insekten**
- Zusammensetzung der Kartoffelbegleitflora
- **Ausbreitungspotential der Kartoffel**

Untersuchungsgebiete

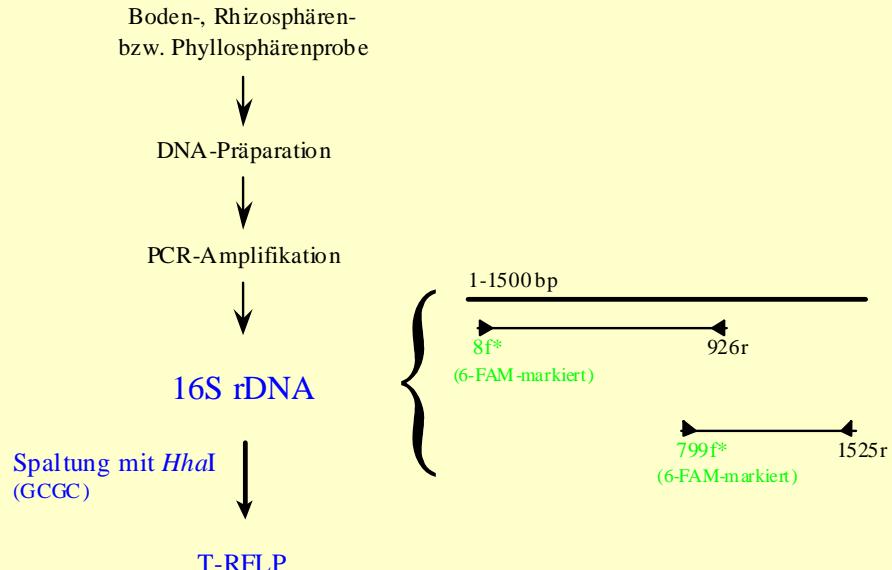


11 Schläge in 5 landwirtschaftlichen Betrieben

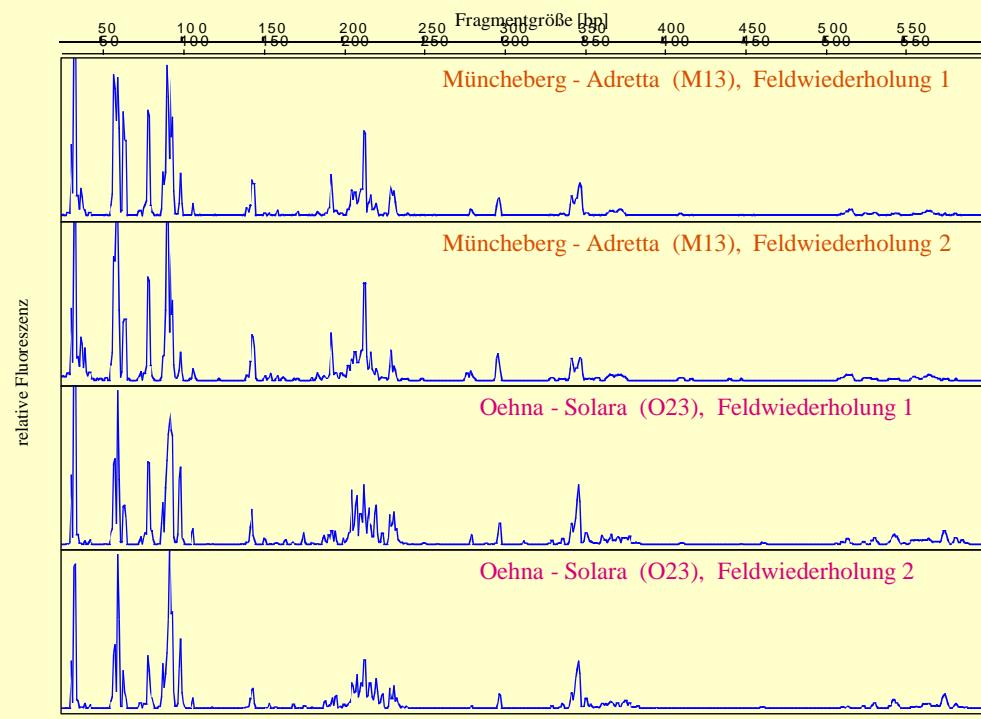
Untersuchungsstandorte

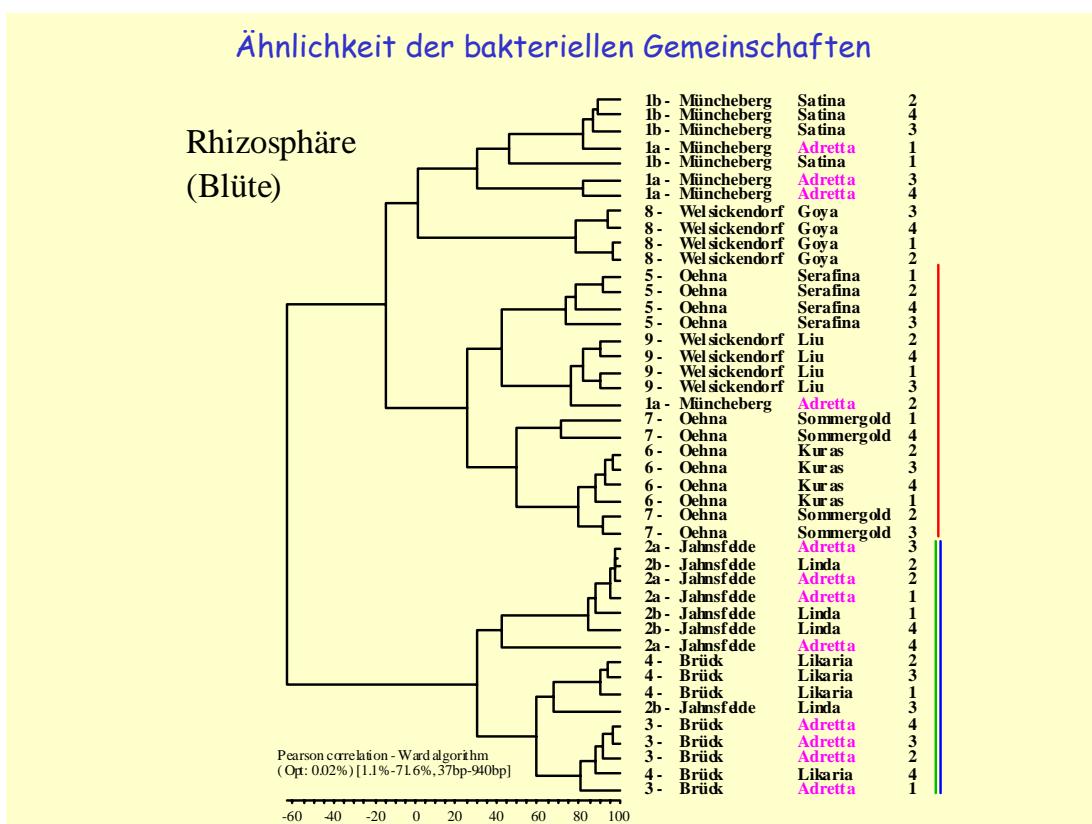
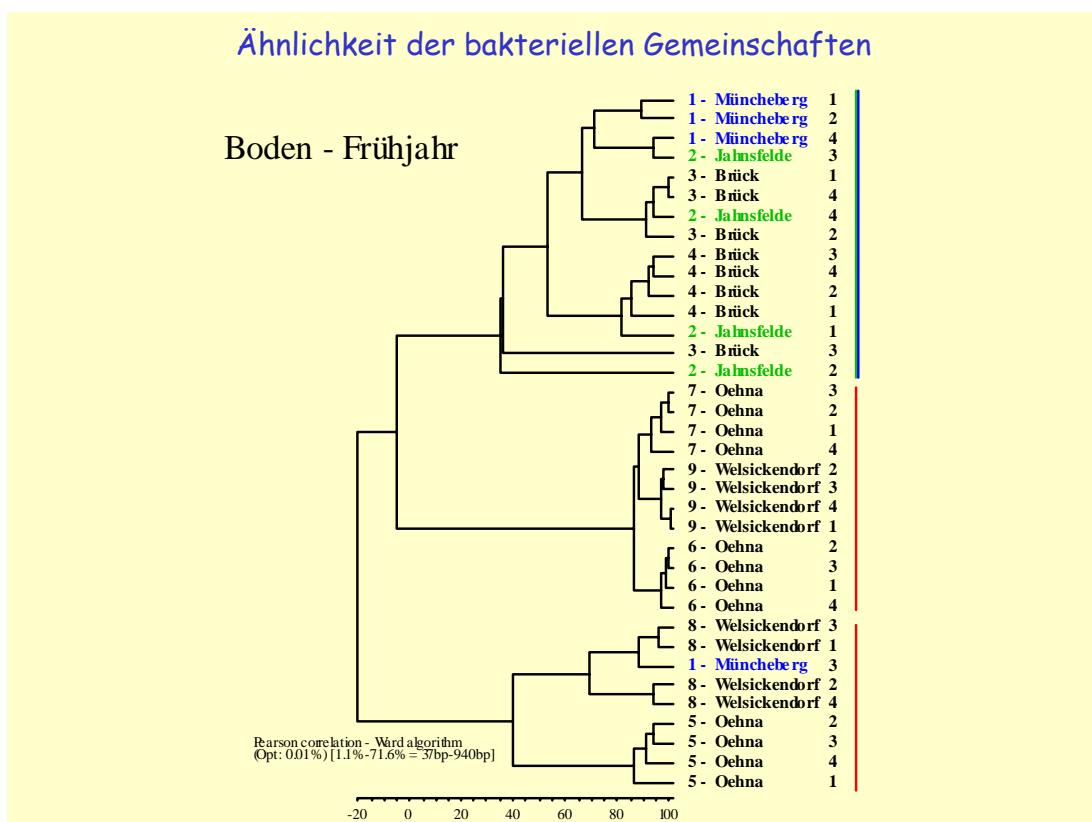
Betrieb	Öko-Agrar Jahnsfelder Landhof	Agrar-GbR Müncheberg	Agrargenossensch. Brück	Oehna Land Agrargesellsch.	Agrargenossensch. Welsickendorf
Landkreis	Märkisch-Oderland	Potsdam-Mittelmark		Teltow-Fläming	
Produktionsverfahren	Ökologischer Landbau (Bioland)	Integrierter Pflanzenbau – mittlere Intensität		Integrierter Pflanzenbau - hohe Intensität (+ Beregnung)	
Anzahl Flächen / Jahr	2	2	3	4	
Ackerzahl	34	20	28 - 40	21-25, 41- 48	
vorherrschende Bodenart	Schluff / lehmiger Sand	reine bis schluffige Sande	Sand bis stark sandiger Lehm	sandiger Schluff / lehmiger Sand,	
Tonanteile	3 – 8 %	2 – 5 %	5 – 25 %	3 – 10 %	
C _{org} -Gehalte	0,6 – 0,8 % sehr schwach humos	0,7 – 0,8 % sehr schwach humos	0,8 – 4,7 % sehr schwach humos - humos	0,6 – 3,2 % sehr schwach humos - humos	
Erträge (Kartoffeln)	200 dt/ha	200 - 300 dt/ha	240 - 280 dt/ha	350 - 490 dt/ha	

Untersuchung der bakteriellen Gemeinschaften



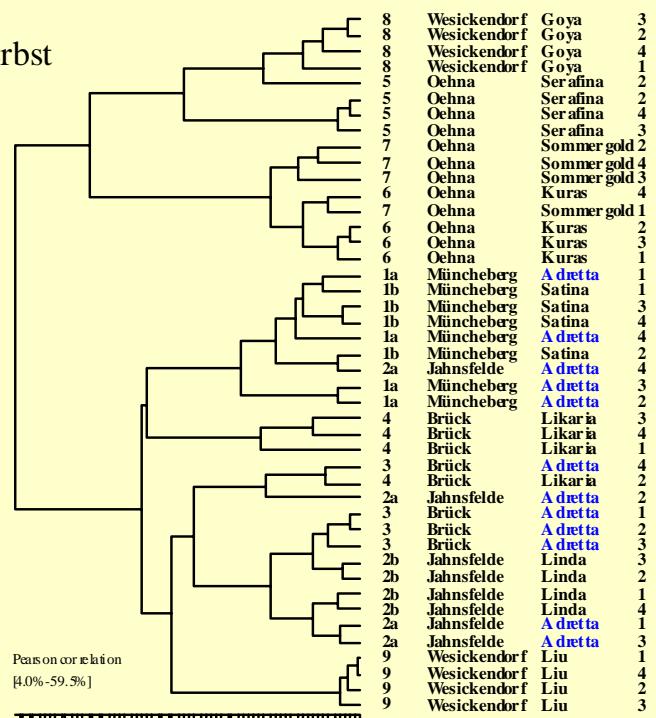
T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften unterschiedlicher Böden



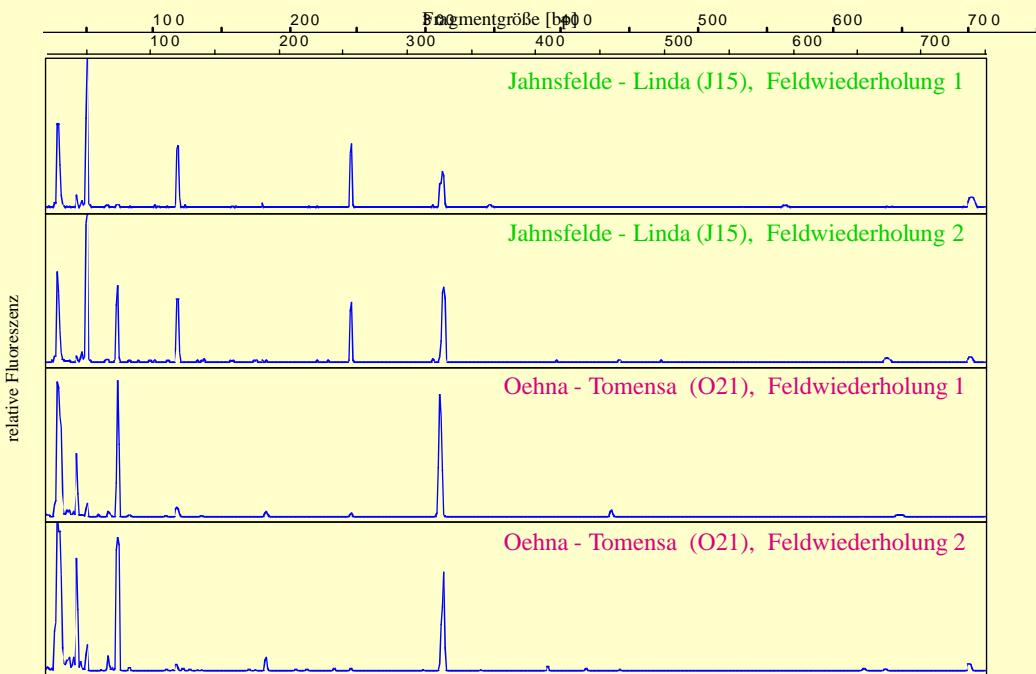


Ähnlichkeit der bakteriellen Gemeinschaften

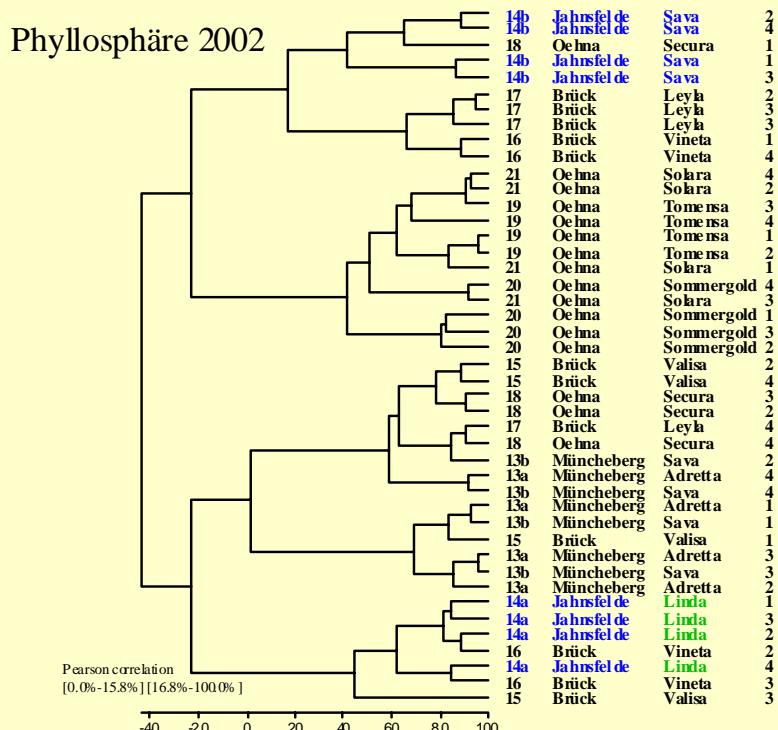
Boden- Herbst



T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften der Phyllosphäre



Ähnlichkeit der bakteriellen Gemeinschaften



Zusammenfassung - Mikroflora

- Gute Auflösung und Reproduzierbarkeit der T-RFLP-Muster der bakteriellen Gemeinschaften
- Unterscheidung der Böden anhand der bakteriellen Fingerprints
- Bei ausreichender Schlaghomogenität standortabhängige Typisierung der Bodenmikroflora möglich
- T-RFLP-Muster der Rhizosphäre ebenfalls standortbeeinflusst - angebaute Sorte mit geringerem Einfluß auf die Zusammensetzung der Mikroflora
- T-RFLP-Muster Phyllosphäre wiederum standortbeeinflusst (schwächer) – Hinweise auf einen stärkeren Sorteneinfluß auf die assoziierte Mikroflora (noch nicht abschließend bewertbar)

Artenspektrum, Dominanzstruktur und relative Abundanz ausgewählter Arthropodengruppen

Epigäisch (Bodenoberfläche):

- Laufkäfer (Carabidae)
- Spinnen & Webspinnen (Arachnida)

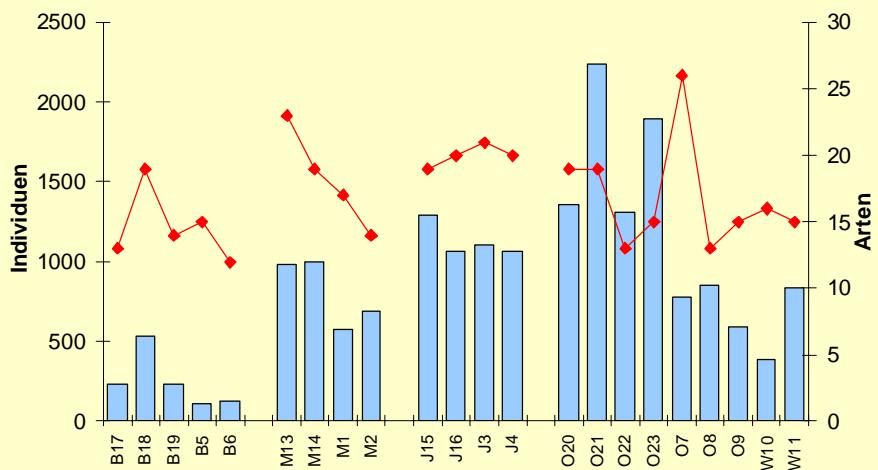
Hypergäisch (Krautschicht):

- Schwebfliegen (Syrphidae)
- Hummeln (Apidae)



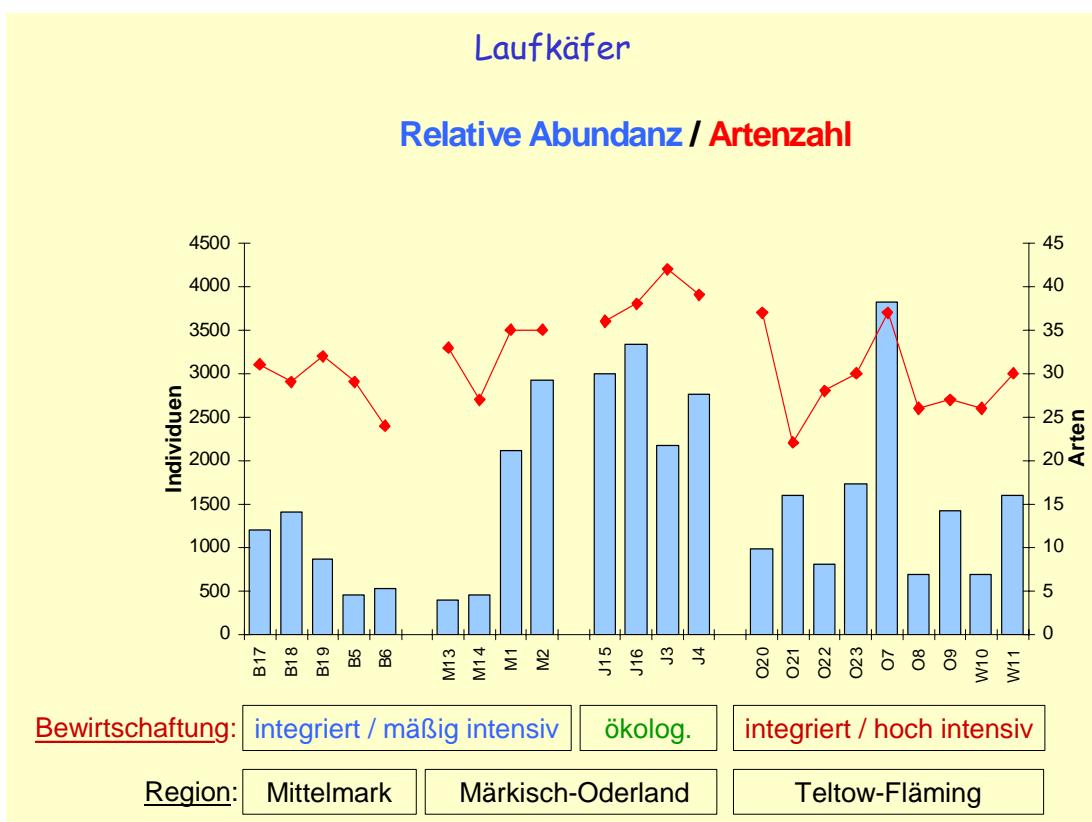
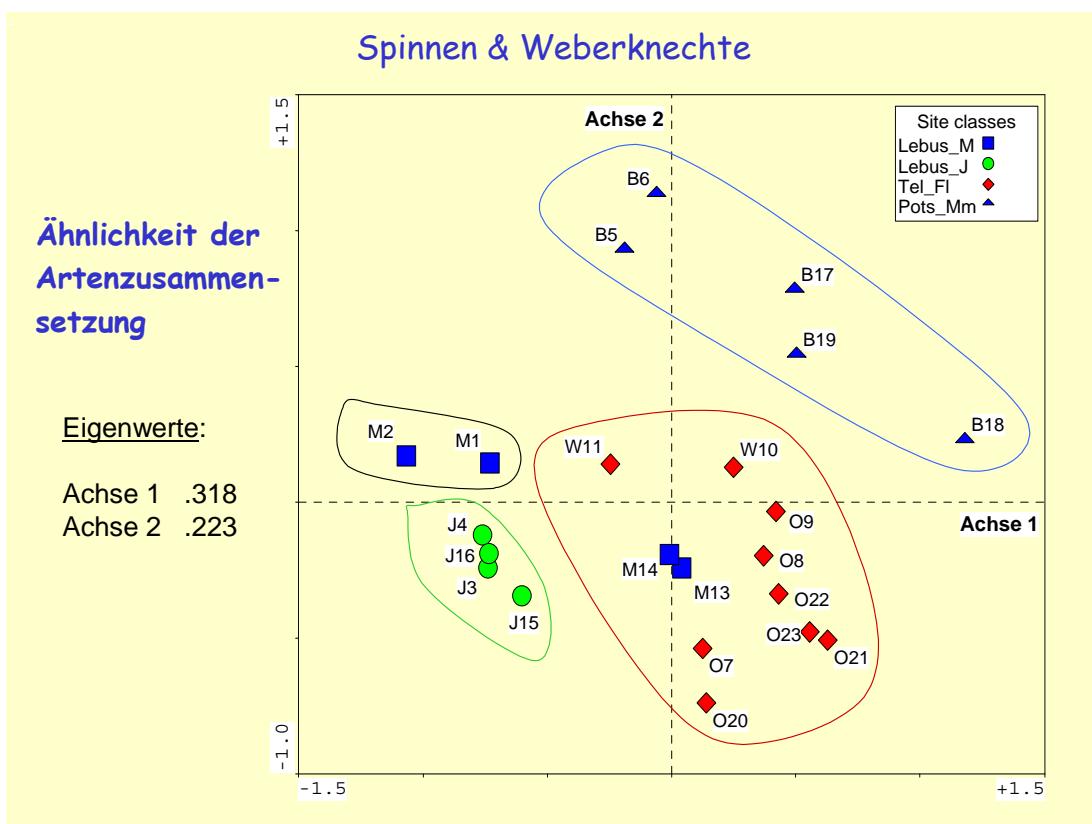
Spinnen & Webspinnen

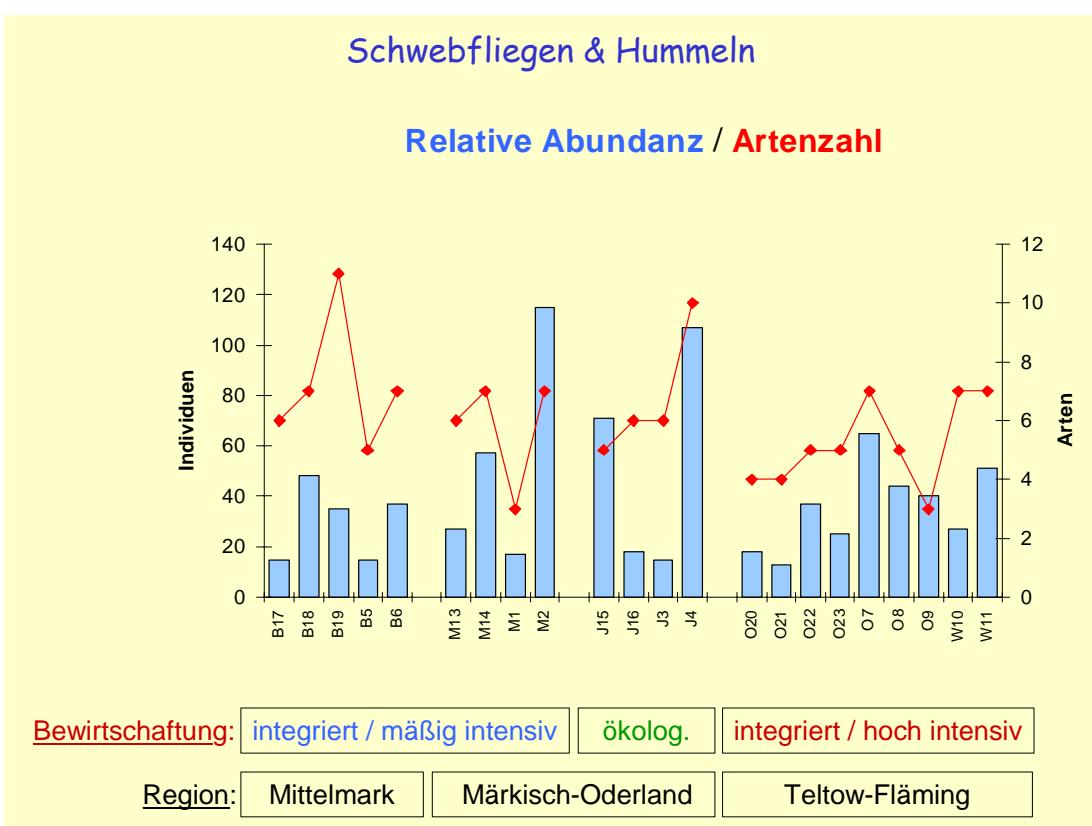
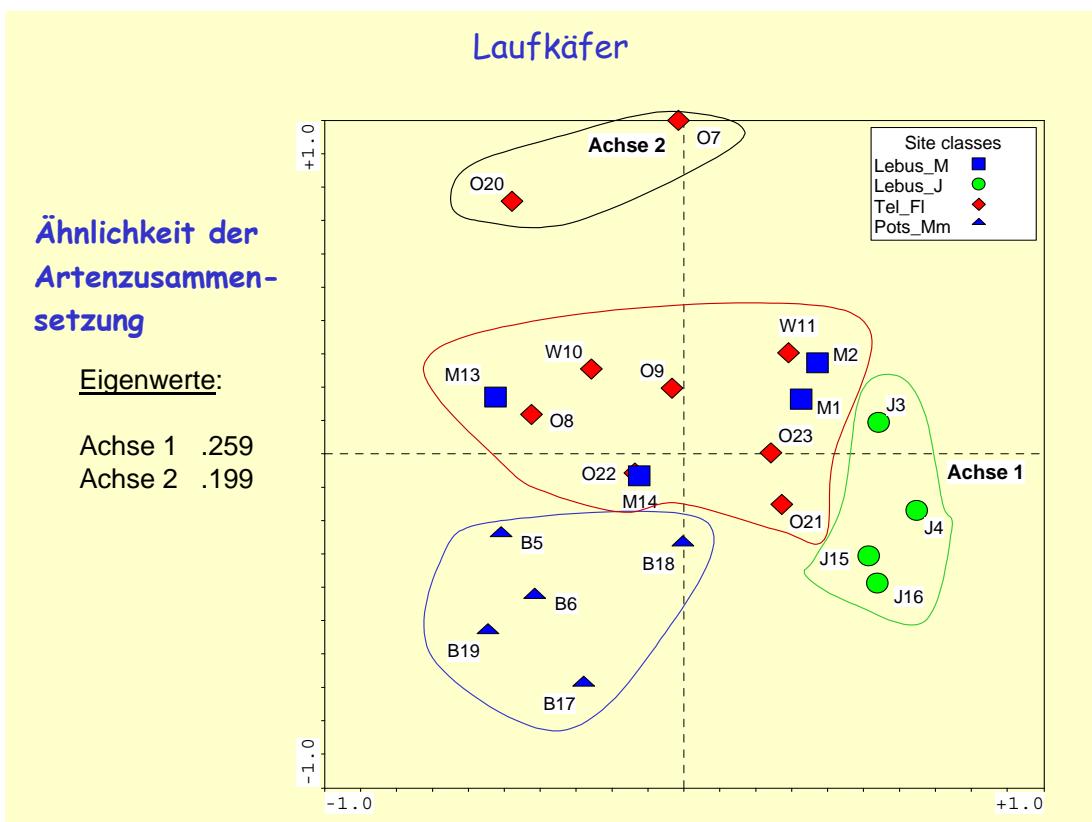
Relative Abundanz / Artenzahl

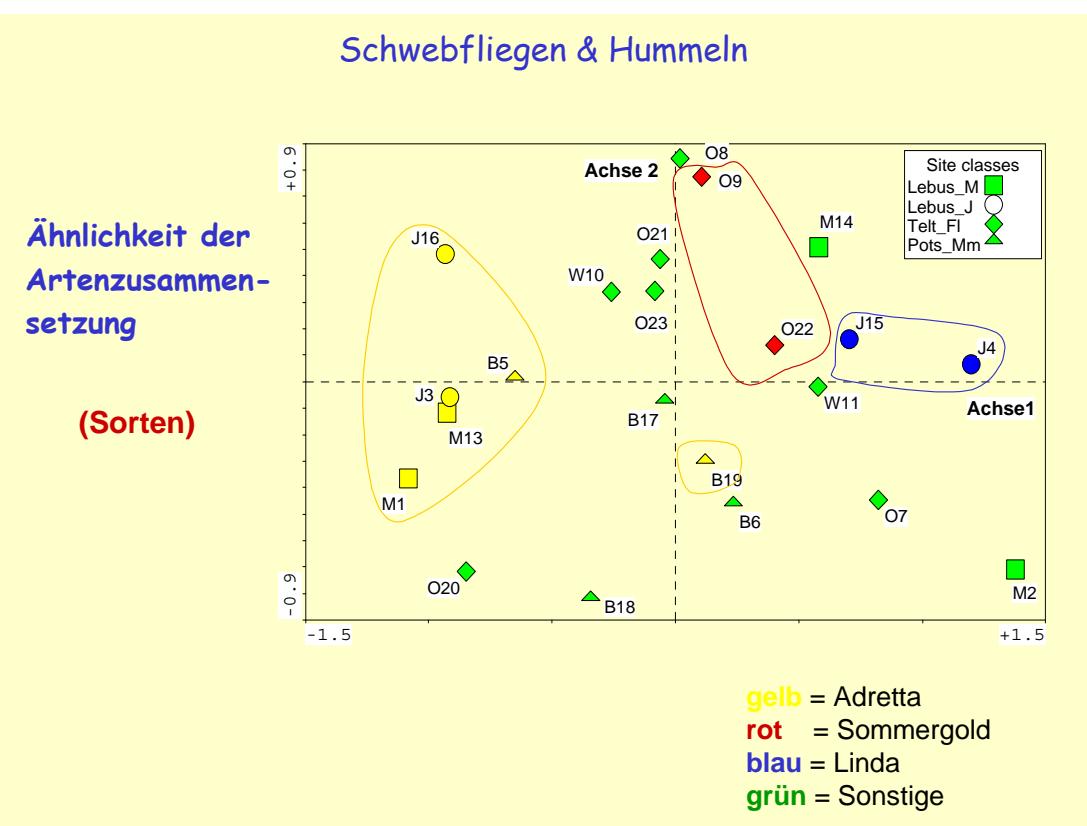
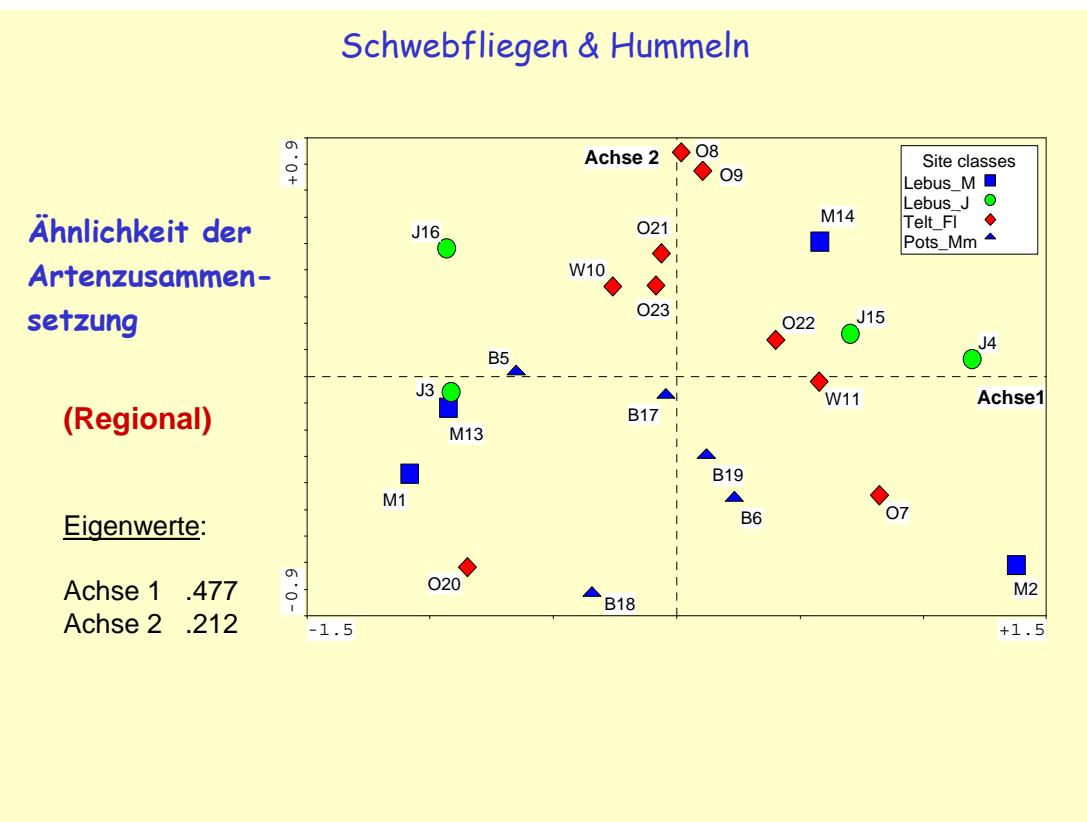


Bewirtschaftung: integriert / mäßig intensiv ökolog. integriert / hoch intensiv

Region: Mittelmark Märkisch-Oderland Teltow-Fläming







Zusammenfassung- Begleitfauna

Epigäische Raubarthropoden (Laufkäfer, Spinnen & Weberknechte)

- „Regionale“ Ähnlichkeitsmuster der Artenassoziationen
- zusätzlich beeinflusst durch Bewirtschaftungsverfahren und der lokalen abiotischen Standortqualität (Boden, Mikroklima)

Blütenbesuchende Insekten (Schwebfliegen & Hummeln)

- **Kartoffelsorten-spezifische** Ähnlichkeitsmuster der Artenassoziationen (Blühneigung, Blühzeitraum)
- zusätzlich schwach beeinflusst durch Art der Vornutzung und Unkraut-Artenvielfalt der Schläge

Ausbreitungspotential - Ausbildung von Kartoffelbeeren und -samen

Sorte / Ort (Schlag)	Beeren pro Pfl.	Beeren pro m ²	Samen pro Beere	Samen pro Pfl.	Samen pro m ²	KF RT(%)	KF -18°C(%)
Untersuchungsjahr 2001							
<u>Adretta / Müncheberg (M1)</u>	<u>0,1</u>	<u>0,4</u>	<u>98</u>	<u>11</u>	<u>39</u>	<u>90</u>	<u>25</u>
Adretta / Jahnsfelde (J3)	0,1	0,5	75	10	39	85	33
Adretta / Brück (B5)	1,5*	2,6	84	125*	214*	91	39
Liu / Welsickendorf (W11)	0,2	0,6	177	34	111*	95	65*
Goya / Welsickendorf (W10)	0,3	1,2	127	35	149*	82	40
Mittel 2001	0,4	1,1	112	43	110	89	40
Untersuchungsjahr 2002							
<u>Adretta / Müncheberg (M13)</u>	<u>2,1</u>	<u>8,0</u>	<u>193</u>	<u>407</u>	<u>1544</u>	<u>87</u>	<u>38</u>
Valisa / Brück (B17)	0,1*	0,5*	119	17*	62*	55*	38
Vineta / Brück (B18)	0,2*	0,7*	100	16*	68*	83	7*
Leyla / Brück (B19)	0,1*	0,3*	80	6*	20*	93	26*
Secura / Oehna (O20)	4,1*	17,4*	224	920*	3886*	77	3*
Sommergold / Oehna (O22)	1,3*	4,6*	220	276*	1023	-	-
Mittel 2002	1,3	5,2	156	274	1101	79	22

Etablierung samenbürtiger Kartoffeln



aus Samen gezogene Jungpflanze



samenbürtige Pflanze aus dem Feldbestand
in der Nachfrucht Sommergerste

Zusammenfassung

- Die untersuchten Parameter, insbesondere die Boden- und pflanzenassoziierte Mikroflora sowie die epigäischen Insektengemeinschaften, zeigten eine ausgeprägte sandortabhängige Variabilität.
 - Die Untersuchungsstandorte konnten anhand ihrer bakteriellen Fingerprints und der Artenzusammensetzung der epigäischen Lebensgemeinschaften (Laufkäfer, Spinnen) voneinander unterschieden und typisiert werden.
 - Das Vorkommen blütenbesuchender Insekten erwies sich demgegenüber tendenziell als stärker sortenabhängig.
 - Das Ausbreitungspotential der Kartoffel ist sowohl Sorten-, als auch Standort- und witterungsabhängig.
-
- Ausgehend von den Ergebnissen sollte ein Monitoring transgener Kartoffeln stets die Standortabhängigkeit der ausgewiesenen Parameter berücksichtigen.

Vergleich der C- und N-Mineralisationsraten von konventionellen und transgenen Maissorten im Freiland und bei Inkubationsexperimenten unter Laborbedingungen

M. Raubuch und K. Roose

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

Einleitung

Wichtige Prozesse im Stoffkreislauf von Landökosystemen sind die Immobilisierung und Mobilisierung von Nährstoffen durch den Umbau der organischer Substanz. Diese Prozesse werden maßgeblich von biologischen Zersetzungsgemeinschaften reguliert. Die Dichte, Zusammensetzung und Aktivität der Zersetzungsgemeinschaften hängt zum einen von abiotischen Faktoren, wie bodenchemischen und bodenphysikalischen Eigenschaften und Klima und zum anderen von der Qualität und der Menge des nachgelieferten Substrates ab. Im Rahmen der Ökosystemforschung wurde in den vergangenen 20 Jahren das Instrument von Elementbilanzen etabliert, um auch geringe Veränderungen in den Vorräten von Ökosystemen zu erfassen und mögliche Konsequenzen für Ökosysteme abzuleiten. In der Vergangenheit konnte auch gezeigt werden, dass sich der Einfluss von abiotischen Faktoren auf die Mobilisierung und Immobilisierung von Elementen aus der organischen Substanz anhand von Stoffbilanzen qualitativ und quantitativ erfassen lässt (ULRICH, 1986). Gentechnisch veränderte Pflanzen unterscheiden sich in den Stoffwechselprodukten von konventionellen Pflanzen. Es gilt zu prüfen, inwieweit die spezifischen Inhaltsstoffe gentechnisch veränderter Pflanzen, die Qualität der organischen Substanz so weit verändern können, dass biologische Umsatzprozesse betroffen sind.

Ziele des Vorhabens

Ziel des im Rahmen einer Bund- / Länderförderung durchgeführten Vorhabens ist die Entwicklung und Überprüfung bodenökologischer Methoden hinsichtlich ihrer Eignung für ein Freilandmonitoring zur Erfassung möglicher Umweltveränderungen durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen. Anhand von Elementbilanzen und mikrobiellen Indikatoren sollen langfristige Effekte auf die Bodenbiologie und Bodenfruchtbarkeit prognostiziert werden. Für ein entsprechendes Monitoring unter Feldbedingungen wird die Freilandmikrokosmenmethode (RAUBUCH, 1997) erprobt. Diese vergleichsweise kostengünstige Methode wurde bereits erfolgreich in der

Waldschadens- und Waldökosystemforschung eingesetzt (RAUBUCH, 1997, STEINMETZ et al. 1997).

Freilandmethoden

Das Instrumentarium der Freilandmikrokosmensysteme soll dahingehend evaluiert werden, inwieweit es geeignet ist, generell die Effekte von Ernterückständen anderer gentechnisch veränderter Pflanzen auf Bodenprozesse abzuschätzen. In einem zweiten Schritt eröffnet sich die Möglichkeit die Meso- und Makrofauna in die Untersuchungen einzubeziehen. Die Freilandmikrokosmen erlauben die Erstellung von Stoffbilanzen und damit eine Verfolgung der bodeninternen Umsatzraten. Sie basiert auf der Entnahme von ungestörten Bodenproben (Horizontierung bleibt erhalten, Abbildung 1) mittels Säulen (150 mm Ø * 300 mm Höhe). Die Säulen werden mit einer Saugkerze (Keramikkerze P 80) versehen und am Boden abgedichtet (Abbildung 2). Während des Betriebes werden die Säulen überdacht und kontrolliert beregnet (Abbildung 3a-c). Die Bodenlösung wird währenddessen kontinuierlich abgesaugt. Aus dem Volumen und der Zusammensetzung des Eintrages und Austrages lassen sich exakte Elementbilanzen für An- und Kationen und Stickstoff bestimmen (RAUBUCH et al., 1998).

Abbildung 1: Probenahme
Darstellung

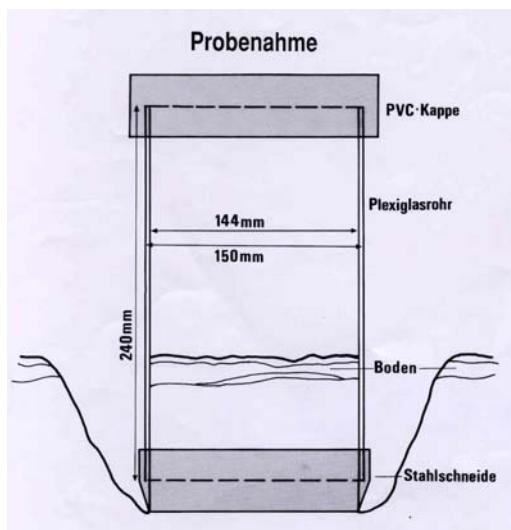


Abbildung 2: Schematische

eines Mikrokosmos

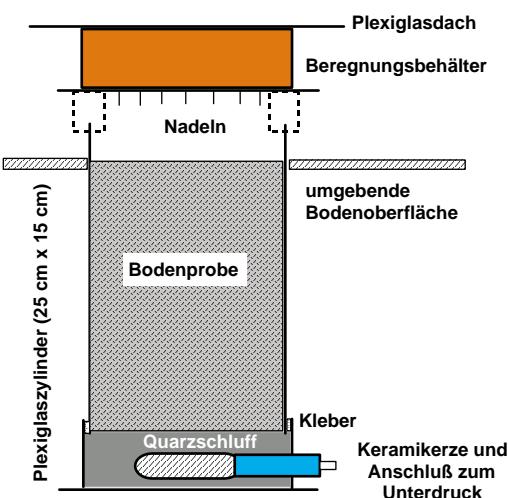
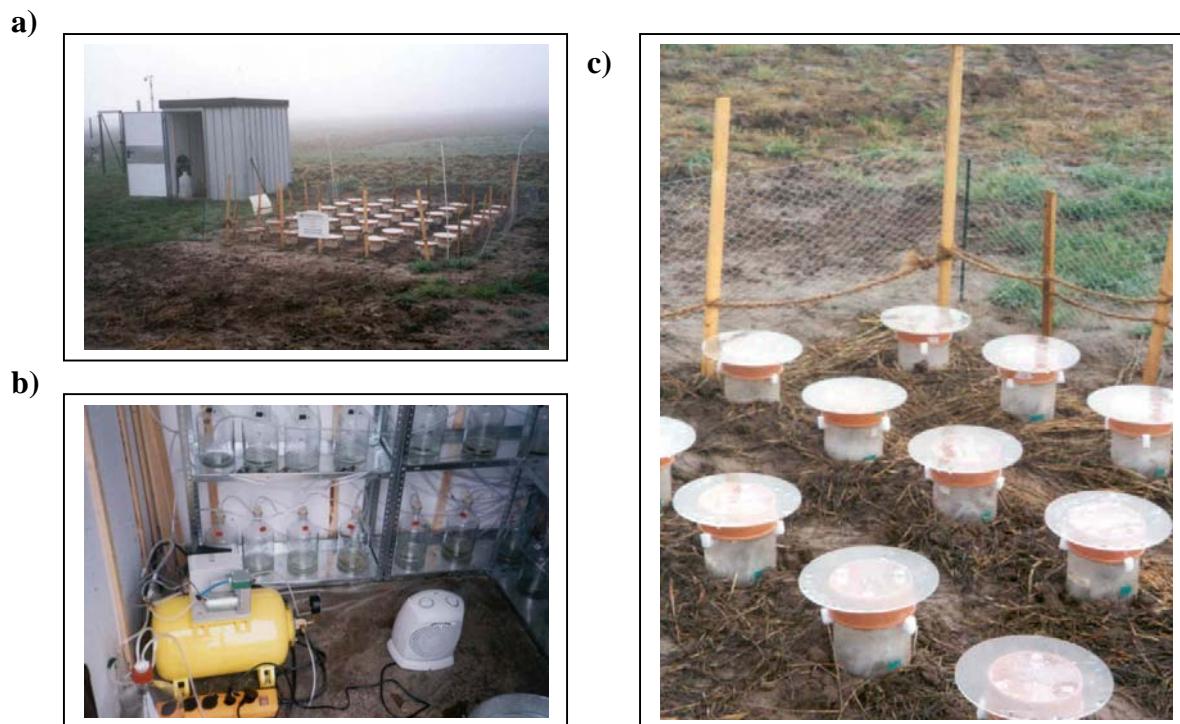


Abbildung 3a-c: Installationen im Freiland:



Über die Respirationsraten der Säulen lassen sich Rückschlüsse auf den C-Umsatz ziehen (RAUBUCH UND JÖRGENSEN, 2002). Dabei wird das Gerät CIRAS-1 verwendet. Es misst den Anstieg der CO₂-Konzentration innerhalb einer Bodenatmungskammer mit Hilfe eines Infrarot-Gasanalysators (KIRSCH et al., 2000).

Verwendetes Pflanzenmaterial

Das verwendete Pflanzenmaterial wurde von dem BMFT-Verbundvorhaben zur Verfügung gestellt. Erntereste der vier Sorten Novelis (Nobilis mit BT-Toxin MON 810) und Prelude (Valmont mit Bt-Toxin Bt176) sowie der zugehörigen konventionellen Sorten Nobilis und Valmont werden in die Untersuchung einbezogen. Jeweils 14 g getrocknetes Pflanzematerial wurden in die oberen 5 cm der Freilandmikrokosmen eingemischt. Das entspricht 8,6 t ha⁻¹.

Begleitende mikrobielle Untersuchungen im Labor

Im Boden werden mögliche Effekte auf die mikrobielle Biomasse, die Adenylategehalte, das Pilz-Bakterienverhältnis und die Basalatmung untersucht.

Die mikrobielle Biomasse wird mittels der CFE-Methode bestimmt (BROOKES et al., 1985; VANCE et al., 1987). Als weiterer mikrobieller Indikator werden die Gehalte an den Adenylnucleotiden AMP (Adenosinmonophosphat); ADP (-diphosphat) und ATP (-triphosphat), die als Energieträger in allen Zellen enthalten sind. (BAI et al., 1989, DYCKMANS und RAUBUCH, 1997). Darüber hinaus beschreibt die Relation von ATP und 0,5 ADP Gehalt zum Gesamtadenylatgehalt den Adenylat Energy Charge, einen Indikator für den physiologischen Zustand der Mikroorganismen (BROOKES et al., 1987) benutzen, um Das Pilz-Bakterienverhältnis wird mittels Ergosterol bestimmt (DJAJAKIRANA et al. 1996).

Als Basalatmung eines Bodens wird die Respiration einer konditionierten Mikroorganismengemeinschaft bei einem optimalen Wassergehalt und Temperaturen von 20 bis 25 °C bezeichnet (ANDERSON & DOMSCH, 1990). Zur Bestimmung der Basalatmung werden zwei Methoden eingesetzt. Nach ISERMAYER (1952), wird das während der Inkubation einer Bodenprobe gebildete CO₂ in einem geschlossenen System durch Lauge aufgefangen und mit Säure titriert. . Nach ROBERTZ et al. (1997) wird die Bodenatmung als Sauerstoffaufnahme im geschlossenen System mittels Druckaufnehmer Firma AQUALYTIC bestimmt

Ergebnisse

Im Rahmen der Fachtagung sollen erste Ergebnisse aus den Freiland- und Laboruntersuchungen zur Diskussion gestellt werden.

Literatur

- ANDERSON, T.-H., DOMSCH, K.H., 1990. Application of eco-physiological quotients ($q\text{CO}_2$ and $q\text{D}$) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology & Biochemistry* 22, 251-255.
- BAI, Q.Y., ZELLES, L., SCHEUNERT, I., KORTE, F., 1989. Determination of adenine nucleotides in soil by ion-paired reverse-phase high-performance liquid chromatography. *J. Microbiol. Methods*, 9, 345-351
- BROOKES, P.C., LANDMAN, A., PRUDEN, G., JENKINSON, D.S., 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method for measuring microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 17, 837-842.
- BROOKES, P.C., NEWCOMBE, A.D., JENKINSON, D.S., 1987. Adenylate energy charge measurements in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 19, 211-217.
- DJAJAKIRANA, G., JOERGENSEN, R.G., MEYER, B., 1996. Ergosterol and microbial biomass relationship in soil. *Biology & Fertility of Soils* 22, 299-304.
- DYCKMANS, J., RAUBUCH, M., 1997. A modification of a method to determine adenosine nucleotides in forest organic layers and mineral soils by ion-paired reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Microbiological Methods* 30, 13-20.

- ISERMAYER, H., 1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Carbonate im Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 56, 25-38.
- JÖRGENSEN, R.G., 1995. Die quantitative Bestimmung der mikrobiellen Biomasse in Böden mit der Chloroform-Fumigations-Extraktions-Methode. Göttinger Bodenkundliche Berichte 104, 1-229.
- KIRSCH, A., FRANKEN, H., BLANKE, M., 2000. Feldmethode zur Bestimmung der substrat-induzierten Bodenatmung. Journal of Plant Nutrition & Soil Science 163, 165-171.
- RAUBUCH, M. 1997. Field microcosms, a new method for investigations of soil processes: calculation of mineralization and nitrification by using chloride as tracer. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 27, 323-328
- RAUBUCH, M., ANDERSON, J.M., BEESE, F., BERG, M.P., BOLGER, T., COUTEAUX, M.-M., INESON, P., MC CARTHY, F., SPLATT, P., VERHOEF, H.A., WILLISON, T. 1998. Acidifying processes and acid-base reactions in forest soils reciprocally transplanted along a European transect with increasing pollution. Biogeochemistry 41, 71-88
- RAUBUCH M., JOERGENSEN, R.G., 2002. Net-C- and net-N-mineralisation in a coniferous forest soil: the contribution of the temporal variability of microbial biomass C and N and of the microbial C-to-N-ratio. Soil Biology and Biochemistry 34, 841-849
- ROBERTZ, M., ECKL, S., MUCKENHEIM, T., WEBB, L., 1997. Applikationsbericht AL 97004, Series BSB
- STEINMETZ, G., MEYER, H., RAUBUCH, M. 1997. Bestimmung der Elementbilanzen bewurzelter und unbewurzelter Böden eines Buchenwaldes mit der Freilandmikroskopienmethode. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 27, 311-315
- ULRICH, B. 1986. Natural and anthropogenic components of soil acidification. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 149, 702-717.
- VANCE, E.D., BROOKES, P.C., JENKINSON, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology & Biochemistry 19, 703-707.

Kontakt: Tel.: 05542-981671, Fax: 05542-981596, E-mail: raubuch@wiz.uni-kassel.de

Verbundvorhaben des Landes Hessen und des Bundesumweltministeriums

Vergleich der C-und N-Mineralisationsraten von konventionellen und transgenen Maissorten im Freiland und bei Inkubationsexperimenten unter Laborbedingungen.

Markus Raubuch und Katja Roose



Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

Department of Soil Biology and Plant Nutrition

Arbeitshypothese

Pflanzenreste gentechnisch veränderter Pflanzen können aufgrund ihrer spezifischen Inhaltsstoffe die Zusammensetzung und die Aktivität der mikrobiellen Zersetzungsgemeinschaften verändern.



Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung

Department of Soil Biology and Plant Nutrition

Ziel des Verbundvorhabens

- Die Entwicklung und Überprüfung bodenökologischer Methoden hinsichtlich ihrer Eignung für ein Freilandmonitoring zur Erfassung möglicher Umweltveränderungen durch den Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen.
- Erfassung und Bewertung
 - von Veränderungen in der C- und N-Mineralisation (Humusdynamik).
 - bodenmikrobiologischer Indikatoren.
 - spezifischer Abbauraten von transgener organischer Substanz.

UNIKASSEL
VERSITÄT

Bundesamt für
Brennstoffe, Naturstoffe
und Reaktorsicherheit
für Anlagen und Materialien

Umwelt
Bundes
Amt
für Anlagen und Materialien



Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzennährung

Department of Soil Biology and Plant Nutrition

Methoden

- Mineralisationsraten
 - Respirationsraten
 - N-Mineralisationsraten
- Elementbilanzen
 - N-Bilanzen
 - C-Bilanzen
 - $\delta^{13}\text{C}$ – stabile Isotope
- Mikrobielle Indikatoren
 - Mikrobielle Biomasse mittels Fumigation/Extraktion
 - Adenylate
 - Ergosterol

UNIKASSEL
VERSITÄT

Bundesamt für
Brennstoffe, Naturstoffe
und Reaktorsicherheit
für Anlagen und Materialien

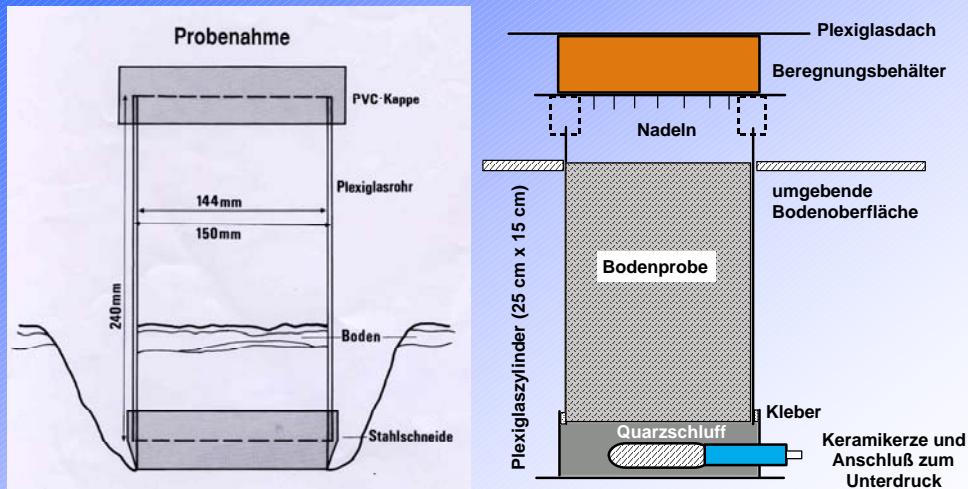
Umwelt
Bundes
Amt
für Anlagen und Materialien



Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzennährung

Department of Soil Biology and Plant Nutrition

Versuchsdesign Freiland Freilandmikrokosmen



Versuchsdesign Freiland Versuchsfläche Hebenschauen



Versuchsdurchführung

- Einlaufphase: 28.8.02 – 7.10.02 : Porenvolumen (ca. 880 ml) mit 2,5 l Wasser vorgespült
- Vorratsbestimmung: 44 g C und 4,5 g N pro Säule (3,47 kg)
- Am 8.11.03 zugabe von 14 g Pflanzenreste (Stroh) *Zea mays* L. (6,1 g C und 0,12 g N)
 - ‘Nobilis’ = konventionelle Maissorte, als Körner- u. Silomais genutzt, isogene Ausgangssorte für Bt-Mais
 - ‘Novelis’ = ‘Nobilis’ mit Bt-Toxin Monsanto 810
 - ‘Prelude’ = konventionelle Maissorte, als Körner- und Silomais genutzt; isogene Ausgangssorte für Bt-Mais
 - ‘Valmont’ = ‘Prelude’ mit Bt-Toxin Bt 176
 - Kontrolle ohne Zugabe

UNIKASSEL
VERSITÄT

Bundesamt für
Bodenforschung
und Raumforschung
für Soil and Climate

Umwelt
Bundes
Amt

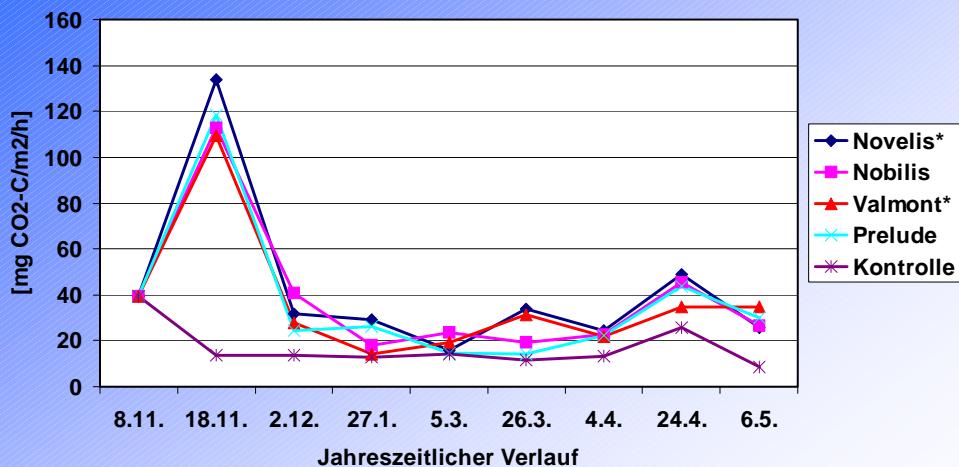


Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzennährung

Department of Soil Biology and Plant Nutrition

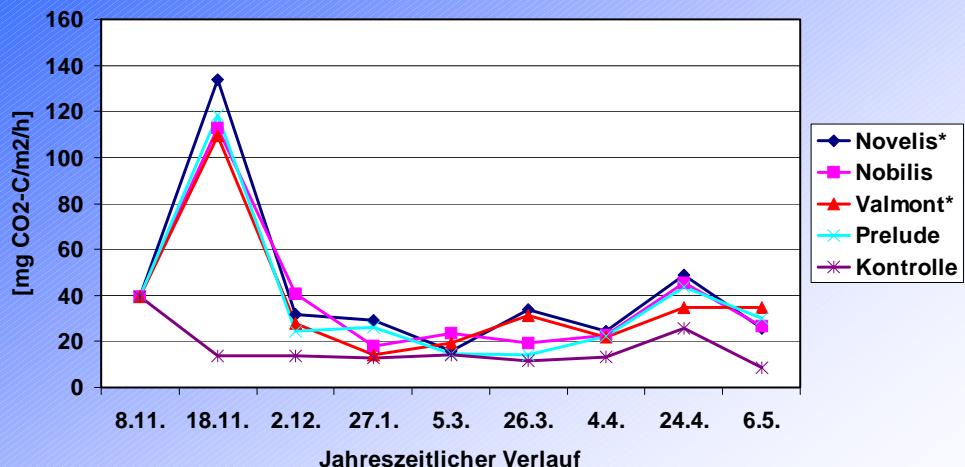
Bestimmung der Respirationsraten im Freiland

CO₂-C-Abgabe im Freilandversuch Hebenhausen



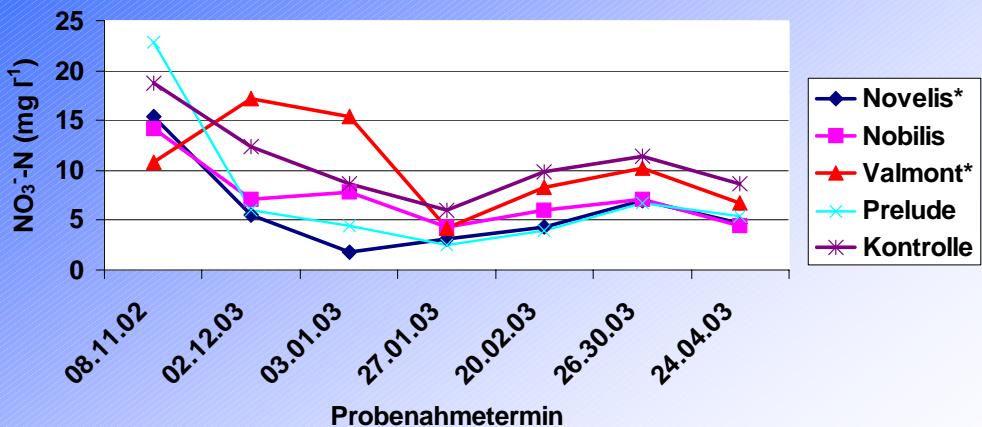
Bestimmung der Respirationsraten im Freiland

CO₂-C-Abgabe im Freilandversuch Hebenshausen

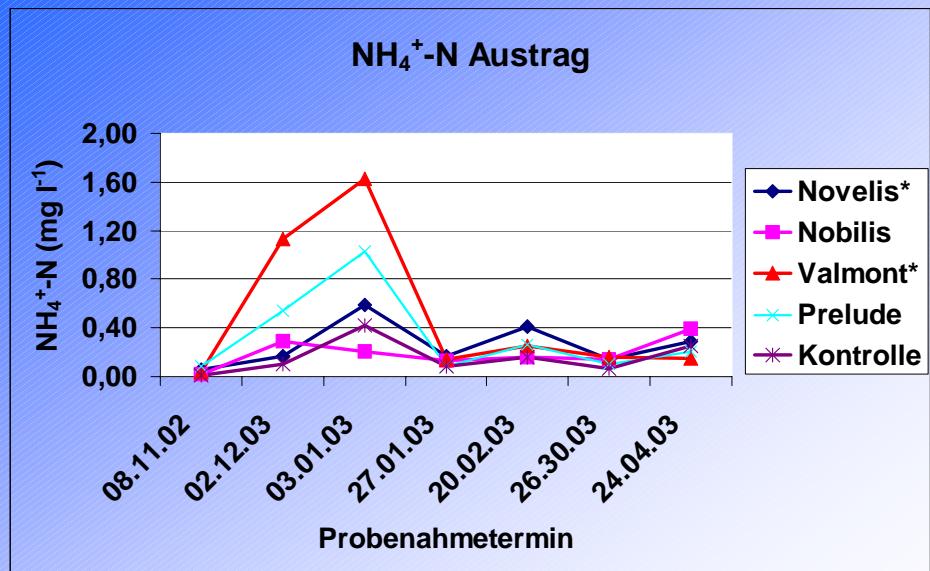


Bestimmung der N-Mineralisationsraten im Freiland

NO₃⁻-N Austrag



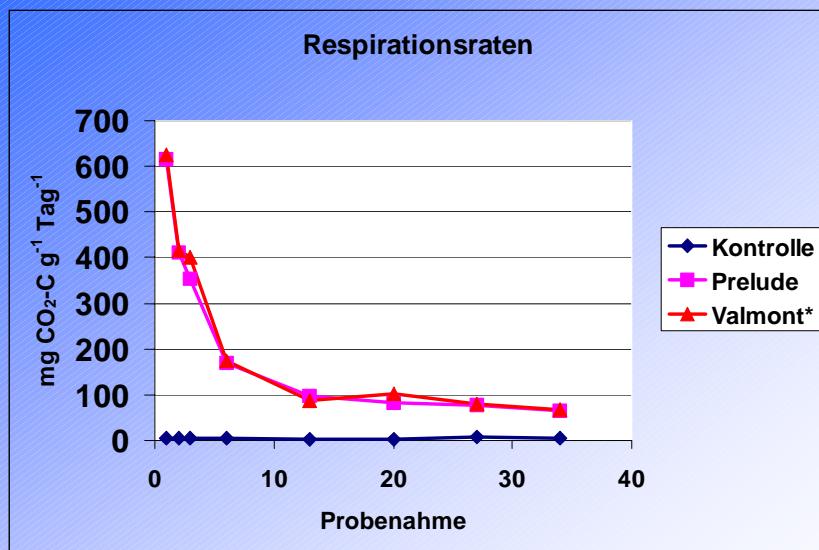
N-Mineralisationsraten im Freiland



Laborversuch

- Inkubation: 18.02.03 – 24.03.03 auf 50 g Boden wurden 1,6 g Maisstreu (698 mg C) gegeben
- Pflanzenreste (Stroh) *Zea mays L.*
 - ‘Prelude’ = konventionelle Maissorte, als Körner- und Silomais genutzt; isogene Ausgangssorte für Bt-Mais
 - ‘Valmont’ = ‘Prelude’ mit Bt-Toxin Bt 176

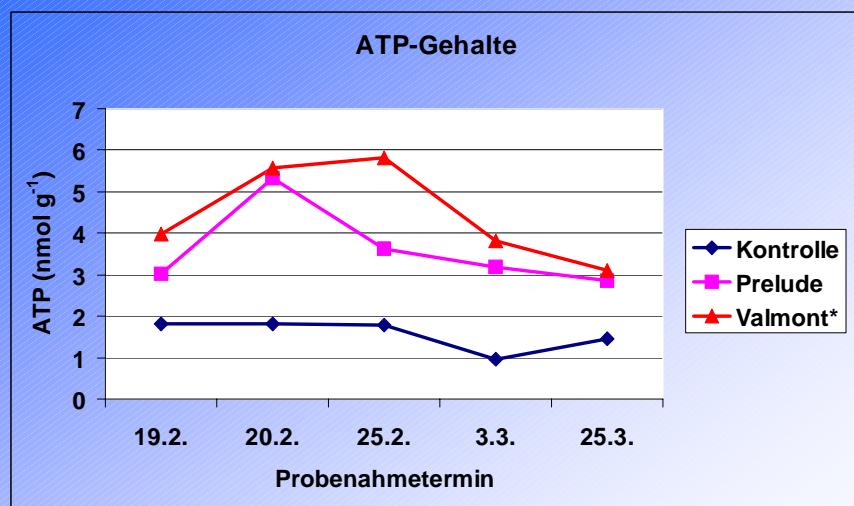
Bestimmung der Respirationsraten im Labor



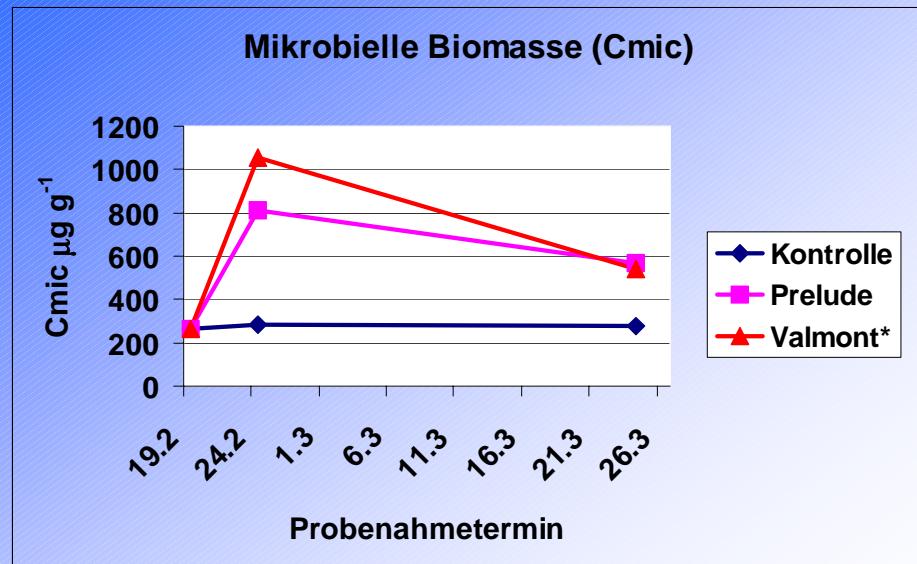
Bilanz: Kontrolle = 6 mg C

Prelude = 160 mg C (22 %), Valmont = 167 mg C (23 %),

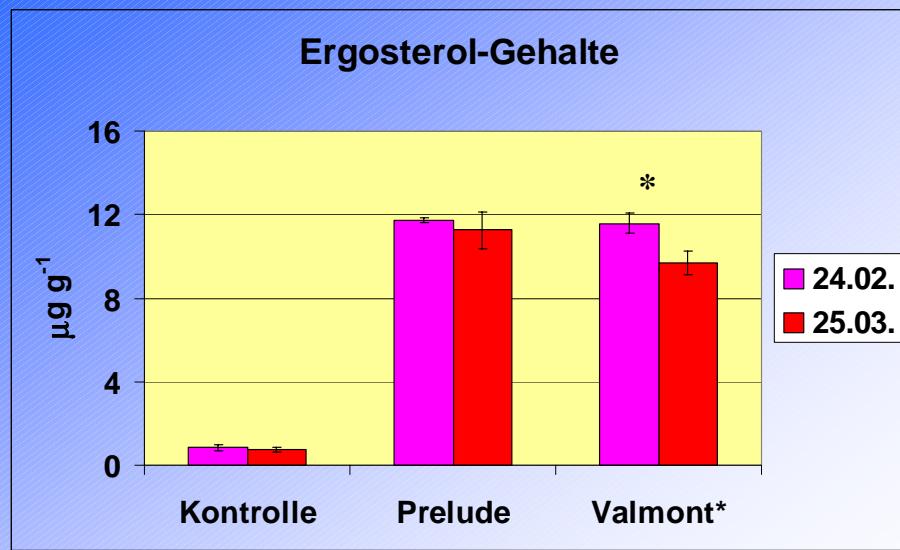
ATP-Gehalte



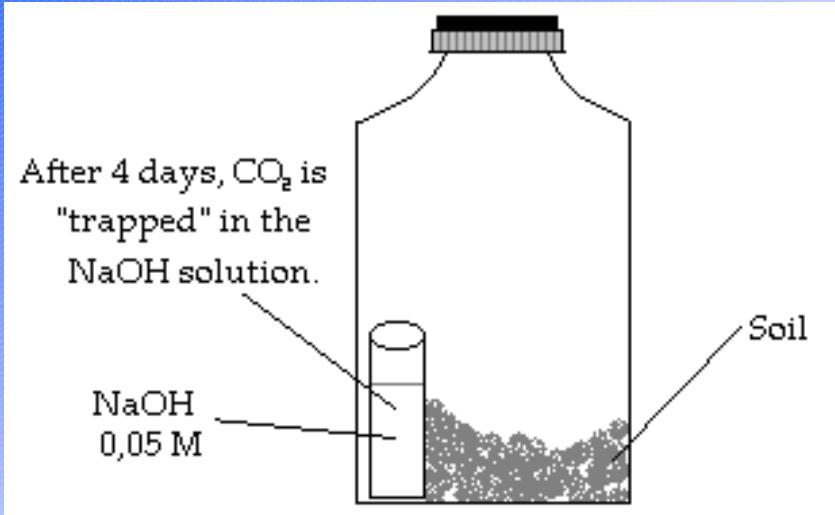
Mikrobielle Biomasse



Ergosterol



In Vorbereitung: Technik der stabilen Isotope $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$



Zusammenfassung

- Die Erfassung der C- und N-Mineralisationsraten im Freiland funktioniert. Für eine Bewertung der Ergebnisse ist es aber noch zu früh.
- In den Vorversuchen konnten noch keine Unterschiede in den Mineralisationsraten nachgewiesen werden.
- In dem Vorversuch wurde eine signifikante Verschiebung des Pilz-/Bakterienverhältnisses nachgewiesen.

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**



Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzennährung

Department of Soil Biology and Plant Nutrition

Monitoring gentechnisch veränderter Organismen in Deutschland: Das Ziel immer näher vor Augen

Dr. Andreas Gies

Leiter der Abteilung Stoffbewertung und Gentechnik, Umweltbundesamt

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

damit liegt es nun in meiner Hand, diese Fachtagung zu beschließen. Die Modellprojekte, die uns hier heute präsentiert wurden, sind Ausdruck einer gut funktionierenden Zusammenarbeit von Bund und Ländern. Ich bedanke mich noch einmal für das Engagement der Länder und die fachlich engagierte Arbeit und guten Präsentationen der ForschungsnehmerInnen. Auch dem Fachgebiet Gentechnik, insbesondere Frau Miehe, Herrn Berhorn, Herrn Otto und Frau Züghart, die diese Projekte mit auf den Weg gebracht haben und weiterhin begleiten, möchte ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen. Manchmal laut und manchmal leise haben viele von Ihnen in den letzten Wochen Ihre Anerkennung für die Arbeit des Umweltbundesamtes und seines Fachgebietes Gentechnik zum Ausdruck gebracht. Dies hat allen Beteiligten in einer schwierigen Situation Mut gemacht und dafür danke ich Ihnen herzlich.

Die anregende und offene Diskussion die Sie in diesen Workshop getragen haben, war ein wichtiges Moment zur Überprüfung der bisherigen Arbeit und ein Wegweiser für das, was noch vor uns liegt. Allen Diskutanten möchte ich deshalb danken. .

Lassen sie mich kurz einige wesentliche Punkte zusammenfassen und einen Ausblick auf die anstehenden Schritte zur Umsetzung des Monitoring geben.

Das gemeinsame Ziel aller Modellprojekte ist, die Voraussetzungen für ein fachlich fundiertes, aussagefähiges und bewertbares Monitoring zu schaffen und dabei den Aufwand und die Kosten vertretbar zu halten. Diese Aufgabe wird sehr ernst genommen. Für verschiedene Fallbeispiele und Fragestellungen wurden Ergebnisse vorgestellt, die uns einem praktikablen Monitoring näher bringen. Die Frage nach Kosten und Aufwand wird natürlich immer wieder gestellt. In der Diskussion wurde deutlich, dass sie nicht zuletzt von der gewünschten Aussagesicherheit abhängig sind. Hier muss also eine Balance zwischen den erforderlichen Stichprobenzahlen und der notwendigen Datensicherheit gefunden werden. Es wurde mehrfach darauf hingewiesen, dass nicht vorschnell auf Methoden mit geringen Kosten, die jetzt verfügbar sind,

zurückgegriffen werden darf, sondern fachlich sinnvolle Erhebungen, die einer Bewertung zugänglich sind, favorisiert werden sollen.

Ein wichtiger und viel diskutierter Punkt ist die Nutzung bestehender Beobachtungsprogramme für das Monitoring. In Niedersachsen wird die Einbindung von Bodendauerbeobachtungsflächen als Referenzflächen für das Monitoring erprobt. Die bisherigen Ergebnisse werden als erfolgreich, sinnvoll und zielführend eingeschätzt. Für Nordrhein-Westfalen wird eine Anbindung an die Ökologische Flächenstichprobe diskutiert, in Bayern findet eine Nutzung der Strukturen des Integrated Monitoring statt. Diese Ansätze zur Nutzung bestehender Strukturen müssen weitergeführt und dort wo es möglich ist, auf weitere Umweltbeobachtungsprogramme der Länder und des Bundes ausgeweitet werden. Dies ist der einzige Weg, hohe wissenschaftliche Qualität mit überschaubaren Kosten zu verbinden.

Mehr Fragen als Antworten sind hinsichtlich der allgemeinen überwachenden Beobachtung und der Erfassung unerwarteter Effekte aufgeworfen worden. Welche Basis muss geschaffen werden, um eine Beobachtung unvorhergesehener schädlicher Wirkungen möglich zu machen? Die Bedeutung von Expositionsparametern wie z.B. Pollenflug und Auskreuzung wurde mehrfach betont. Die Dokumentation der Verbreitung und des Verbleibs von Transgenen in der Umwelt ist eine wesentliche Voraussetzung, um bei einem möglichen Auftreten unerwünschter Wirkungen plausible Bezüge zu Ursachen ableiten zu können.

Der nächste Schritt in Richtung Umsetzung des Monitoring wird die Zusammenführung der Modellprojekte in ein Gesamtkonzept sein. Fehlstellen und weiterer Entwicklungsbedarf müssen identifiziert werden. Was wir heute nicht diskutiert haben, ist, wie die vielen standortbezogenen bzw. regionalen Daten der Modellprojekte auf die Gesamtfläche Deutschlands übertragen und in ein gemeinsames Konzept innerhalb der EU eingebettet werden können. Insbesondere die Auswahl geeigneter und repräsentativer Untersuchungsräume ist eine wichtige vor uns liegende Aufgabe.

Wie bereits angekündigt, wird zur Zeit ein Parameter- und Methodenhandbuch erarbeitet, dass als Grundlage für die Erstellung von Überwachungsplänen dienen soll. Damit ist die konzeptionelle Arbeit jedoch nicht beendet. Das Konzept und das Methodenhandbuch müssen an neue Entwicklungen und neue GVO angepasst und fortgeschrieben werden. Auch mögliche Kombinations- und Akkumulationswirkungen von GVO und Genkonstrukten werden neue Anforderungen an das Monitoring stellen.

In vielen Feldern sind heute sicherlich mehr Fragen aufgeworfen als beantwortet worden. Dies ist verständlich, denn die Aufgabe, die uns gestellt worden ist, ist groß. Zum ersten mal wird in einem umweltpolitischen Gesetzesvollzug ein systematisches Nachmonitoring als zweites Sicherheitsnetz eingebaut. Zusätzlich erschwert wird diese Aufgabe dadurch, dass in Deutschland ein flächendeckendes und funktionierendes ökologisches Monitoring fehlt. Trotz dieser schwierigen Bedingungen hat diese Tagung gezeigt, dass wir bei der Konzeption eines Monitoringsystems für gentechnisch veränderte Organismen weiter gekommen sind als viele von uns noch vor Monaten gedacht haben. Kompetenz der Forschungsinstitutionen, der Willen zur konstruktiven Kooperation von Bund und Ländern und Ihr aller Engagement sind die Schlüssel zu diesem Erfolg. Damit möchte ich mich noch einmal bei Ihnen allen bedanken.

Anhang

Teilnehmerliste

Name		Adresse
Bachmann Dr.	Barbara	Niedersächsisches Umweltministerium Archivstr. 2 30169 Hannover 0511/1203633 Barbara.Bachmann@mu.niedersachsen.de
Bartsch Dr.	Detlef	Robert-Koch-Institut Zentrum Gentechnologie Postfach 87 01 61 13161 Berlin 01888 / 754-3003 bartschd@rki.de
Becker Dr.	Regina	Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Eberswalder Str. 84 15374 Müncheberg 033432 / 82116 rbecker@zalf.de
Beismann Dr.	Heike	Technische Universität München Lehrstuhl für Vegetationsökologie Am Hochanger 6 85350 Freising-Weihenstephan 08161 / 71-4043 beismann@wzw.tum.de
Beißner Dr.	Lutz	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit Messeweg 11/12 38104 Braunschweig 0531 / 299 3810 L.Beiessner@bba.de

Name		Adresse
Bendiek Dr.		Robert-Koch-Institut Zentrum Gentechnologie Postfach 87 01 61 13161 Berlin 01888 / 754-3021 bendiekj@rki.de
Benzler	Armin	Bundesamt für Naturschutz (BfN) Konstantinstr. 110 53125 Bonn 0228 / 8451-179 benzlera@bfn.de
Berhorn	Frank	Umweltbundesamt (UBA) FG IV 2.5 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-3256 frank.berhorn@uba.de
Breckling Dr.	Broder	Universität Bremen FB 2, UFT Ökologie Postfach 33 04 40 28334 Bremen 0421 / 218-4200 broder@uni-bremen.de
Bübl Dr.	Walter	Bayer Crop Science Deutschland Hessendamm 2-3 65759 Hattersheim 06190 / 803-140 walter.buebl@bayercropscience.com
Corell Dr.	Birgit	Bezirksregierung Braunschweig Postfach 3247 38022 Braunschweig 0531 / 484-4596 birgit.corell@br-bs.niedersachsen.de

Name		Adresse
Deventer Dr.	Karin	<p>Landesanstalt für Umweltschutz , Baden-Württemberg Griesbachstr. 1 76185 Karlsruhe 0721 / 983-1592 karin.deventer@lfuka.lfu.bwl.de</p>
Dreher Dr.	Peter	<p>Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg Griesbachstr. 1 76185 Karlsruhe 0721 / 983 1557 peter.dreher@lfuka.lfu.bwl.de</p>
Ebert	Ina	<p>Umweltbundesamt (UBA) FG IV 2.5 Postfach 33 00 22,14191 Berlin 030 / 8903-3255 ina.ebert@uba.de</p>
Feldmann Dr.	Sigrun	<p>Niedersächsisches Landesamt für Ökologie Postfach 10 10 62 31110 Hildesheim 05121 / 509 sigrun.feldmann@uba.de</p>
Fiedler	Lothar	<p>Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit (BMU) N I 2 / N II 4 - Postfach 12 06 29 53048 Bonn 01888 / 305-2621 lothar.fiedler@bmu.bund.de</p>
Finck Dr.	Markus	<p>Verein Deutscher Ingenieure (VDI) Graf-Recke-Str. 84 40239 Düsseldorf 0211 / 6214-246 finck@vidi.de</p>

Name		Adresse
Fischer Dr.	Regina	Industrieverband Agrar e.V. Karlstr. 21 60329 Frankfurt / Main 069 / 2556- Fischerrc.iva@vci.de
Gies Dr.	Andreas	Umweltbundesamt Abteilungsleiter IV 2 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-3200 andreas.gies@uba.de
Graef Dr.	Frieder	Zentrum f. Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) Eberswalder Str. 84 15374 Müncheberg 033432 / 82180 graef@zalf.de
Haeupler Prof. Dr.	Henning	Ruhr-Universität Bochum - Spezielle Botanik - Universitätsstr. 160, 44801 Bochum 0234 / 32 – 26236 Henning.E.Haeupler@ruhr-uni-bochum.de
Heublein Dr.	Dieter	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen Postfach 81 01 40 81901 München 089 / 9214-3306 dieter.heublein@stmlu.bayern.de
Hoffmann	Torsten	Landesamt für Verbraucherschutz u. Landwirtschaft Brandenburg Pappelallee 20 14469 Potsdam 0331 / 5874-171 torsten.hoffmann@lvl.brandenburg.de

Name		Adresse
Hofmann	Frieder	<p>Ökologiebüro Hofmann Rennstieg 25 28205 Bremen 0421-706474 f.hofmann@oekologiebuero.de</p>
Hofmann Dr.	Nicola	<p>Niedersächsisches Landesamt für Ökologie An der Scharlake 39 31135 Hildesheim 05121 / 509- nicola.hofmann@nloe.niedersachsen.de</p>
Hommel Dr.	Bernd	<p>Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) Institut für integrierten Pflanzenschutz Stahnsdorfer Damm 81 14532 Kleinmachnow 033203 / 48312 b.hommel@bba.de</p>
Jansen	Peter	<p>Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz u. Raumordnung des Landes Brandenburg Albert-Einstein-Str. 42-46 1473 Potsdam 0331 / 866 7186 Peter.Jansen@MLUR.Brandenburg.de</p>
Johann Dr.	André	<p>Ministerium für Umwelt Saarland Referat E/3 Keplerstr. 13 66117 Saarbrücken 0681 / 501 3514 a.johann@umwelt.saarland.de</p>

Name		Adresse
Kammer Dr.	Klaus	Regierungspräsidium Gießen Abt. Staatliches Umweltamt Marburg Postfach 2325 35011 Marburg 06421 / 616-675 K.Kammer@rpu-mr.hessen.de
Keidel Dr.	Harry	Ministerium für Umwelt und Forsten, Rheinland-Pfalz Postfach 31 60 55021 Mainz 06131 / 16-4430 harry.keidel@muf.rlp.de
Keßler	Silvia	Thüringer Landesamt für Lebens- mittelsicherheit und Verbraucherschutz FG Gentechniküberwachung Nordhäuser Str. 78 99089 Erfurt 0361 / 7409-110 skessler@tllv.thueringen.de
Knetsch	Gerlinde	Umweltbundesamt (UBA) FG II 1.4 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-2249 gerlinde.knetsch@uba.de
Kock	Malte	Umweltbundesamt (UBA) FG II 4.3 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-1874 malte.kock@uba.de

Name		Adresse
Köhler Dr.	Dieter	Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg Abt. Naturschutz Albert-Einstein-Str. 42-46 14473 Potsdam 0331 / 866-7173 Dieter.Koehler@MLUR.Brandenburg.de
Körner	Andrea	Umweltbundesamt (UBA) FG II 1.4 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-2252 andrea.koerner@uba.de
Krug Dr.	Manfred	Landesamt für Umweltschutz Halle, Sachsen-Anhalt Reideburger Str. 47-49 06116 Halle / Saale 0345 / 570-4214 krug@lau.mu.lsa-net.de
Kuhlmann	Martin	Technische Universität München Lehrstuhl für Vegetationsökologie Am Hochanger 6 85350 Freiburg 08161 / 71 – 5090 kuhlmann@wzw.tum.de
Lohner	Herbert	BUND Berlin e.V. Crellestr. 35 10827 Berlin 030 / 787900-24 Lohner@Bund-Berlin.de
Mathy Dr.	Lydia	Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung (BMGS) Mohrenstr. 62 10117 Berlin 030 / 20640-3271 Lydia.Mathy@bmgs.bund.de

Name		Adresse
Mattern	Kati	Umweltbundesamt FG II 1.1 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-2169 kati.mattern@uba.de
Matzeit Dr.	Volker	Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) Referat 222 Rochusstr. 1 53123 Bonn 01888 / 529- 4489 volker.matzeit@bmvel.bund.de
Menzel	Gertrud	Universität Bremen (UFT) Leobener Str. 28334 Bremen 0421 / 218-4200 gmenzel@uni-bremen.de
Menzel Dr.	Norbert	Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt Beethovenstr. 3 99096 Erfurt 0361 / 3799490 n.menzel@tmlnu.thueringen.de
Mertens Dr.	Martha	Institut für Biodiversität Illumünsterstr. 33 80686 München 089 / 580 76 93 Martha.Mertens@t-online.de

Name		Adresse
Moch	Katja	Öko-Institut e.V. Institut für Angewandte Ökologie Postfach 6226 79038 Freiburg 0761 - 45295-37 k.moch@oeko.de
Nöh	Ingrid	Umweltbundesamt FG IV 2.5 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-3250 ingrid.noeh@uba.de
Ober Dr.	Steffi	Bundesarbeitsgemeinschaft Gen-und Reproduktionstechnologie Grunowstr. 5 13187 Berlin 030 / 49500757 steffi.ober@t-online.de
Otto Dr.	Mathias	Umweltbundesamt FG IV 2.5 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-3698 mathias.otto@uba.de
Pascher Dr.	Kathrin	Universität Wien Institut für Ökologie und Naturschutz Althanstr. 14 A-1090 Wien KathrinPascher@aol.com
Peichl Dr.	Ludwig	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz Bürgermeister-Ulrich-Str. 160 86179 Augsburg 0821 / 9071-5290 ludwig.peichl@lfu.bayern.de

Name		Adresse
Petersen	Heiner	Gut Wilmersdorf GbR Hauptstr. 23 16278 Wilmersdorf 033334 / 7514 info@gut-wilmersdorf.de
Pleuß	Holger	Umweltbundesamt, FG IV 2.5 030 / 8903-3155 holger.pleuss@uba.de
Raubuch Dr.	Markus	Universität Gesamthochschule Kassel FG Bodenbiologie Nordbahnhofstr. 1 a 37213 Witzenhausen 05542 / 981671 raubuch@wiz.uni-kassel.de
Reichhelm Dr.	Peter	Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz Mainzer Str. 80 65189 Wiesbaden 0611 / 815-1220 p.reichhelm@mulv.hessen.de
Reuter Dr.	Hauke	Universität Bremen UFT, Abt. 10 Postfach 33 04 40 28334 Bremen 0421 / 218-4348 hauke.reuter@uni-bremen.de
Rudolph Dr.	Peter	Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung, Brandenburg Lindenstr. 34a 14467 Potsdam 0331 / 866-7366 peter.rudolph@mlur.brandenburg.de

Name		Adresse
Sauerbrey Dr.	Elke	PLANTA GmbH Grimsehlstr. 31 37555 Einbeck 05561 / 311-
Scherwaß Dr.	Rüdiger	Institut für Vegetationskunde, Ökologie und Raumplanung GbR. Volmerswerther Str. 80-86 40221 Düsseldorf 0211/60 18 45 60 r.scherwass@ivoer.de
Schulz Dr.	Dietrich	Umweltbundesamt, FG I 1.4 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-2885 dietrich.schulz@uba.de
Seitz Dr.	Heike	Sachverständigenrat für Umweltfragen - Mikrobiologie und biologische Sicherheit - Friedrichstr. 16, 35392 Gießen 0641 / 99 – 41473 heike.seitz@hygiene.med.uni-giessen.de
Starck Dr.	Hans-Georg	Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Landwirtschaft, Schleswig-Holstein Mercatorstr. 3 24106 Kiel 0431 / 988-7124 hans-georg.starck@munl.landsh.de
Steinhäuser Dr.	Klaus-Günter	Umweltbundesamt FB IV Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-3000 klaus-g.steinhaeuser@uba.de

Name		Adresse
Süptitz	Gabriele	<p>Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Referat 56 Wilhelmstr. 2 01097 Dresden 0351 / 564- 2097 Gabriele.Sueptitz@smul.sachsen.de</p>
Surkus	Bertil	<p>Ruhr-Universität Bochum Spezielle Botanik Universitätsstr. 160 44801 Bochum 0234 / 3222097 Bertil.Surkus@ruhr-uni-bochum.de</p>
Traxler Dr.	Andreas	<p>Universität Wien Lorenz-Steiner-Gasse 6 A-2201 Gerasdorf 0043 / 2246-34108 Traxl@pflaphy.pph.univie.ac.at</p>
Uhse-Nolte Dr.	Rainer	<p>Landesamt für Verbraucherschutz u. Landwirtschaft Brandenburg Pappelallee 20, 14469 Potsdam 0331 / 5874-175 rainer.uhse-nolte@lvi.brandenburg.de</p>
Ulrich Dr.	Andreas	<p>Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung Institut für Primärproduktion Eberswalder Str. 84 15374 Müncheberg 033432 / 82345 aulrich@zalf.de</p>
Waldhardt Dr.	Rainer	<p>Justus-Liebig-Universität Gießen Heinrich-Buff-Ring 26-32 35392 Gießen 0641 / 9937163 rainer.waldhardt@agrar.uni-giessen.de</p>

Name		Adresse
Weitkamp	Heike	Thüringer Ministerium für Soziales, Familie und Gesundheit Werner-Seelenbinder-Str. 6 99096 Erfurt 0361 / 3798 –
Werner Dr.	Horst	Umweltbundesamt FG II 6.6 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-2822 horst.werner@uba.de
Wicke	Gisela	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie An der Scharlake 39 31135 Hildesheim 05121 / 509-283 gisela.wicke@nloe.niedersachsen.de
Wilhelm Dr.	Ralf	Biologische Bundesanstalt für Land-und Forstwirtschaft Institut für Pflanzenvirologie, Mikrobiologie und biologische Sicherheit Messeweg 11/12 38104 Braunschweig 0531 / 299 – R.Wilhelm@bba.de
Zeddel Dr.	Andreas	Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein Abteilung Geologie und Boden, Dezernat Altlasten Hamburger Chaussee 25 24220 Flintbek 04347 / 704-535 azeddel@lanu.landsh.de

Name		Adresse
Zipperle Dr.	Jürgen	<p>Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg Griesbachstr. 1 76185 Karlsruhe 0721/ 983-1635 juergen.zipperle@lufka.lfu.bwl.de</p>
Züghart Dr.	Wiebke	<p>Umweltbundesamt FG IV 2.5 Postfach 33 00 22 14191 Berlin 030 / 8903-3534 wiebke.zueghart@uba.de</p>