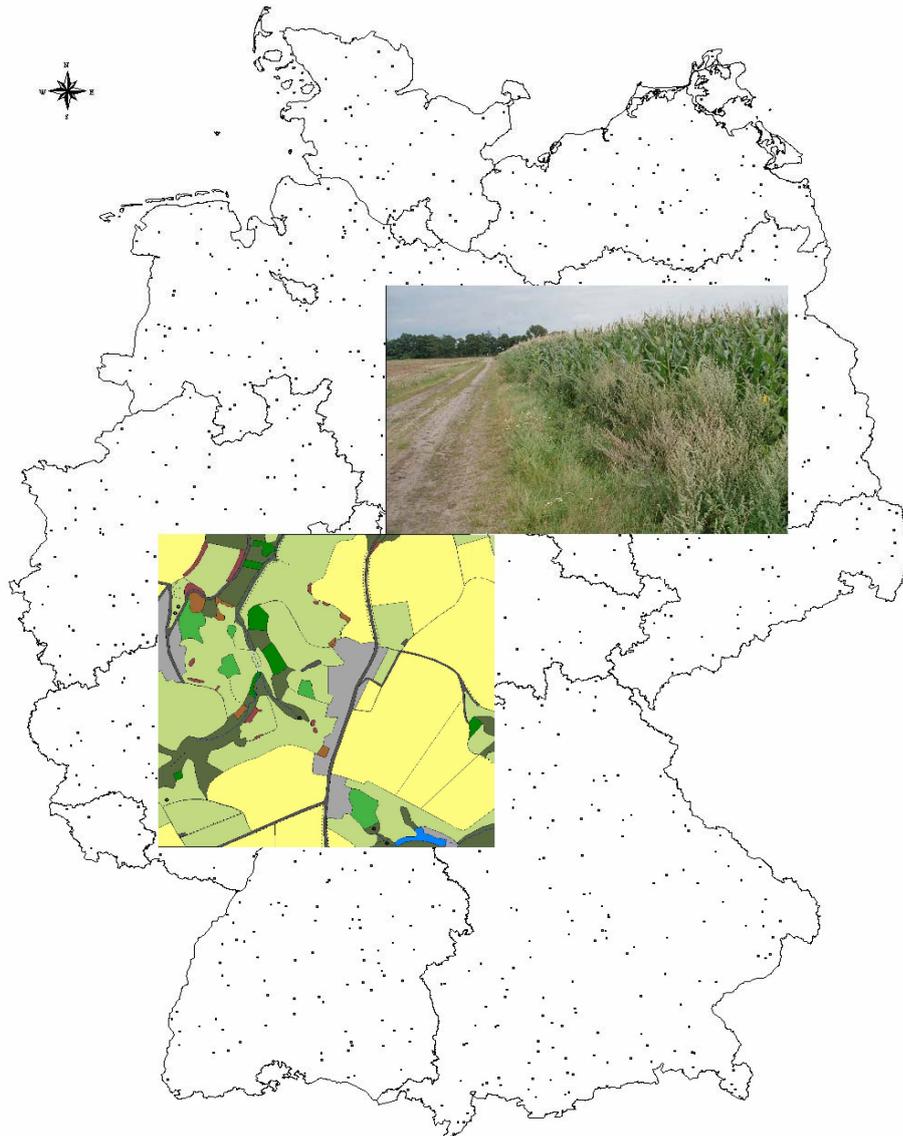


Ulrike Middelhoff, Jörn Hildebrandt  
und Broder Breckling

# Die Ökologische Flächenstichprobe als Instrument eines GVO-Monitoring



# **Die Ökologische Flächenstichprobe als Instrument eines GVO-Monitoring**

**Im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz  
Förderkennzeichen 80489004**

**Ulrike Middelhoff  
Jörn Hildebrandt  
Broder Breckling**

**Titelfoto:** R. Dröschmeister, A. Benzler (BfN)

**Adresse der Autoren:**

Dr. Ulrike Middelhoff	Universität Bremen
Dr. Jörn Hildebrandt	Institut für Ökologie und Evolutionsbiologie (IFÖE)
PD Dr. Broder Breckling	28334 Bremen

**Fachbetreuung im BfN:** Dr. Wiebke Züghart und Rainer Dröschmeister  
Fachgebiet I 1.3 „Monitoring“

Die Beiträge der Skripten werden aufgenommen in die Literaturdatenbank „**DNL-online**“ ([www.dnl-online.de](http://www.dnl-online.de)).

Die Publikation ist im Internet unter: [www.bfn.de](http://www.bfn.de)/ abrufbar.

Die BfN-Skripten sind nicht im Buchhandel erhältlich.

Herausgeber: Bundesamt für Naturschutz (BfN)  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn  
Tel.: 0228/8491-0  
Fax: 0228/8491-200  
URL: <http://www.bfn.de>

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

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN.

Druck: BMU-Druckerei

Gedruckt auf 100% Altpapier

Bonn - Bad Godesberg 2006

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Monitoring .....</b>	<b>7</b>
1.1	<i>Bedeutungswandel im Umweltbewusstsein .....</i>	7
1.2	<i>Kommerzieller Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) - neue Wirkungszusammenhänge ergeben sich .....</i>	10
1.3	<i>Gesetzliche Grundlagen des GVO-Monitoring .....</i>	11
1.4	<i>Bezüge zwischen GVO-Monitoring und wissenschaftlicher Forschung .....</i>	11
1.5	<i>Begriffe und Definitionen, eingebettet in das Konzept des pressure - state - response (PSR) .....</i>	12
1.5.1	Pressure .....	13
1.5.2	State .....	13
1.5.3	Ansatz, Begriffe und Definitionen .....	14
<b>2</b>	<b>Bisherige Konzepte für ein GVO Monitoring .....</b>	<b>15</b>
2.1	<i>Der Hypothesengeleitete Ansatz von Züghart &amp; Breckling (2003) .....</i>	15
2.2	<i>Weitere GVO-Monitoringkonzepte .....</i>	21
2.3	<i>Notwendigkeiten zur Erweiterung bestehender Konzepte bei neuen GVO? .....</i>	21
<b>3</b>	<b>Biodiversitätsmonitoring .....</b>	<b>23</b>
3.1	<i>Biodiversitätsmonitoring - eine dringliche Aufgabe .....</i>	23
3.2	<i>Biodiversitätsmonitoring als Teil eines integrierten Ökosystemschutzes .....</i>	24
3.3	<i>Konzeption der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) als Biodiversitätsmonitoring für Deutschland .....</i>	25
3.3.1	Ziele und Aufgaben der ÖFS .....	26
3.3.2	Bestandteile der ÖFS .....	27
3.3.3	Problemereiche und Prüfpunkte im Rahmen der ÖFS .....	30
3.3.4	Umsetzungsstand der ÖFS .....	30
3.3.5	Anwendungsbeispiele für die ÖFS .....	31
3.4	<i>Biodiversitätsmonitoring in anderen Ländern .....</i>	33
3.4.1	CountrySide Survey in Großbritannien .....	33
3.4.2	Biodiversitätsmonitoring (BDM) in der Schweiz .....	33
3.5	<i>Resumee .....</i>	34
<b>4</b>	<b>Umsetzung des GVO-Monitoring .....</b>	<b>34</b>
4.1	<i>Stand der Umsetzung eines GVO-Monitoring .....</i>	35
4.1.1	Erste Konkretisierungen des Konzepts von Züghart & Breckling (2003) .....	36
4.1.2	Konzept der Biologischen Bundesanstalt (BBA) .....	37
4.1.3	Umsetzungskonzepte der Ad hoc - AG und des MUNLV in Nordrhein-Westfalen .....	38
4.2	<i>Ökologische Flächenstichprobe und GVO-Monitoring .....</i>	40
4.2.1	Umsetzbarkeit des GVO-Monitoring im Rahmen der ÖFS .....	40
4.2.2	GVO-Prüfpunkte .....	42
4.2.3	Parameter für GVO-Prüfpunkte, die im Rahmen der ÖFS erhoben werden können .....	46
4.3	<i>Konzept für die Umsetzung des GVO-Monitoring .....</i>	51
4.3.1	Umsetzung des GVO-Monitoring über ÖFS und andere Messprogramme .....	51
4.3.2	Modularer Aufbau der Umsetzung des GVO-Monitoring .....	54
4.4	<i>Synergien zwischen FFH-Monitoring und ÖFS .....</i>	75
4.4.1	Grundlagen und Monitoringkonzept .....	75
4.4.2	Potenzielle Schnittstellen zwischen FFH-Monitoring und ÖFS .....	76
4.4.3	Synergien auf Ebene I der ÖFS .....	77
4.4.4	Tier- und Pflanzenarten der FFH-Richtlinie .....	77
<b>5</b>	<b>Kostensituation und Kostenabschätzungen .....</b>	<b>80</b>
5.1	<i>Kosten für ÖFS und GVO-Erweiterungen .....</i>	80
5.2	<i>Abschätzung der Kosten für die ÖFS mit ersten GVO-Erweiterungen .....</i>	82
5.3	<i>Kosten bestehender Monitoringprogramme zur Biodiversität in anderen Ländern .....</i>	84
5.4	<i>Kosten des Strahlenschutz-Monitoring .....</i>	85
<b>6</b>	<b>Resümee: Nutzen der ÖFS mit GVO-Erweiterungen .....</b>	<b>86</b>
6.1	<i>Was kann die ÖFS leisten? .....</i>	86
6.2	<i>Synergien zwischen ÖFS und GVO-Monitoring .....</i>	87
6.3	<i>Hand in Hand mit anderen Umweltüberwachungen – Das Konzept der integrierten Messstellen ...</i>	89
6.4	<i>Synergien mit dem FFH-Monitoring .....</i>	90
<b>7</b>	<b>Verwendete Literatur .....</b>	<b>91</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>I</b>

## Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Übersicht über die Umsetzungsmodule, ihre Zuordnung zu Schutzzielen und die enthaltenen Prüfpunkte .....	6
Tab. 2:	Ursache-Wirkungshypothesen und Prüfpunkte des GVO-Monitoringkonzepts nach Züghart und Breckling (2003, erweitert), sortiert nach Schutzzielen und Handlungsbereichen bzw. Parametergruppen .....	18
Tab. 3:	Derzeit als Anträge bei der EU vorliegende GVO .....	22
Tab. 4:	Faunistische Indikatoren der Ebene II der ÖFS .....	30
Tab. 5:	Parameter und Methoden des Handlungskonzepts für ein Monitoring von GVO, Nordrhein-Westfalen (MUNLV-NRW 2003) .....	39
Tab. 6:	Mögliche GVO-Wirkungen, die grundsätzlich im Rahmen einer entsprechend erweiterten ÖFS geprüft werden können .....	43
Tab. 7:	Mögliche GVO-Wirkungen, die inhaltlich und auf Grund ihrer Erfassungscharakteristik in anderen Messnetzen oder Beobachtungsansätzen überwacht werden sollten .....	44
Tab. 8:	Sensibilität von Tierarten bzw. Artengruppen für Prüfpunkte des GVO-Monitoring .....	47
Tab. 9:	Liste der Evaluationskriterien für Indikatorgruppen .....	48
Tab. 10:	Evaluationsergebnis für die Tiergruppen .....	49
Tab. 11:	Prüfpunkte des GVO-Monitoring und die mögliche Umsetzung im Rahmen der ÖFS und anderer Messnetze .....	52
Tab. 12:	Prüfpunkte, Parameter und mögliche Umsetzung von zentralen Belastungs-/Basisfaktoren des GVO-Monitoring .....	55
Tab. 13:	Problembereiche, Prüfpunkte und Raumbezug der Parameter, die in Umsetzungsmodul „Fauna II“ zu erheben sind .....	62
Tab. 14:	Messgrößen und Schwellenwerte (in Anlehnung an Hilbeck & Meier, in Vorb.) .....	65
Tab. 15:	Anzahl der Probeflächen in Offenland im Rahmen der BDF in den Bundesländern (nach Züghart & Breckling 2003) .....	68
Tab. 16:	Weitere Umsetzungsmodule des GVO-Monitoring mit inhaltlichem Bezug zu Biodiversität ....	73
Tab. 17:	Weitere Umsetzungsmodule des GVO-Monitoring im Rahmen von anderen Messnetzen .....	74
Tab. 18:	GVO-relevante Tiergruppen für die ÖFS (HINTERMANN & WEBER 2004) .....	81
Tab. 19:	Kostenkalkulation für die Elemente der ÖFS-Basisvariante mit GVO-Erweiterungen .....	83
Tab. 20:	Ausgaben für nationales Umweltmonitoring in Schweden 2003 (BERNES 2003) .....	84
Tab. 21:	Kosten für Verwaltung (Genehmigung und Stilllegung von Kernanlagen) und Kostenabschätzung für Strahlenüberwachung in Deutschland .....	85
Tab. A1:	Kulturpflanzen, an denen gentechnische Veränderungen vorgenommen werden .....	I
Tab. A2:	GVP, mit deren Inverkehrbringen in 6-10 Jahren gerechnet werden muss .....	III
Tab. A3:	GVP, mit deren Inverkehrbringen frühestens in 10 Jahren gerechnet werden muss. ....	III
Tab. A4:	Bei der Europäischen Kommission unter Direktive 2001/18/EC gestellte Anträge auf Inverkehrbringen. ....	IV
Tab. A4:	Bei der Europäischen Kommission unter Direktive 2001/18/EC gestellte Anträge auf Inverkehrbringen. ....	IV
Tab. A5:	Zeithorizont gentechnisch veränderter Pflanzen, in dem ihr Inverkehrbringen zu erwarten ist. ....	VI
Tab. B1:	FFH-Lebensraumtypen von potenziell hoher Relevanz für die ÖFS .....	VII
Tab. B2:	Brutvögel in Äckern und Brach- und Ödflächen .....	VIII
Tab. B3:	Höhere Pflanzen und Vögel des Natura-2000 Systems und ihr Auftreten in Biotoptypen (nach Fartmann et al. 2001) .....	IX

## Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Dynamik in der Diagnostik und Wahrnehmung von Umweltproblemen und Risiken in den vergangenen Dekaden (aus Schönthaler et al. 2003) .....	9
Abb. 2:	Skizze zur Beprobung eines km-Quadrats .....	72

## **Danksagung**

Dr. Wiebke Züghart (BfN) und Rainer Dröschmeister (BfN) danken wir für die Betreuung und die großzügige Bereitstellung von Materialien, Prof. Dr. Juliane Filser (Universität Bremen) für die Betreuung des Projekts.

Wir danken weiterhin Christoph Eichen (BfN) für die kritische Durchsicht der Ausführungen zum FFH-Monitoring, Regina Hoffmann-Müller, Steffen Seibel und Kollegen vom Statistischen Bundesamt Wiesbaden, Herrn Gemperlein und KollegInnen vom Landesamt für Natur und Umwelt (LANU) Schleswig-Holstein, Heinrich König vom Landesamt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten (LÖBF) in Nordrhein-Westfalen, Andreas Ernst-Elz vom Sozialministerium Schleswig-Holstein sowie Felix Müller, Otto Fränzle, Wilhelm Windhorst und Kollegen vom Ökologie-Zentrum Kiel für die Unterstützung mit Informationen und Hinweisen. Wolfgang Dormann, Herbert Främbis und Dr. Hans-Bert Schikora (Uni Bremen) gaben Auskünfte für die Kostenkalkulation von Modul Fauna II.

## **Zusammenfassung**

Der kommerzielle Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) kann neue Risiken für die menschliche Gesundheit, für eine dauerhaft umweltgerechte Landwirtschaft und für die Biodiversität mit sich bringen. Angesichts dieser Risiken hat die EU mit zwei Gesetzeswerken reagiert, in denen ein Monitoring für GMO rechtlich festgeschrieben ist. Wir prüfen in dieser Studie, wieweit Teile eines GMO-Monitoring im Rahmen der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) übernommen werden können.

Bei der ÖFS handelt es sich um ein repräsentatives Beobachtungsprogramm, das einen essentiellen Teil eines bundesweiten Biodiversitätsmonitoring darstellen könnte. Es soll dazu dienen, strukturelle Veränderungen der Landschaft und deren Auswirkungen auf Teile der belebten Natur zu beobachten, um positive, insbesondere aber auch problematische Entwicklungen frühzeitig erkennen zu können. Dabei werden Parameter erhoben, mit denen die Intensität der Nutzung durch den Menschen (im Sinne von Ursachen) und Umwelt-Zustände (im Sinne von Wirkungen) beobachtet werden können. Dieses ursache-wirkungsbezogene Vorgehen erleichtert eine strukturierte Erfassung von Umweltproblemen und befördert die Möglichkeit rechtzeitig geeignete Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Der Ansatz eignet sich auch für die GMO-Problematik.

Das Monitoringkonzept von Züghart & Breckling (2003) erfasst systematisch den gegenwärtig erkennbaren Rahmen möglicher GMO-Risiken. Den darin genannten Ursache-Wirkungshypothesen werden geeignete Erfassungs-Parameter und -methoden zugeordnet. Da für die GMO-Problematik wie auch für den Schutz der Biodiversität die Entwicklung von geeigneten Indikatoren in den Anfängen steht, fassen wir Prüfpunkte, Parameter und Methoden in einem begrifflichen Triplet zusammen, das vorläufigen Indikatoren entspricht. Wir ordnen Prüfpunk-

te, die aus dem Monitoringkonzept von Züghart & Breckling (2003) extrahiert wurden, bestimmten Handlungsbereichen und Schutzziele zu. Diese Prüfpunkte weisen im Wesentlichen zwei Raumbezüge, einen flächendeckenden und einen auf Ackerstandorte, Ackerränder und deren Umgebung bezogenen, auf.

Viele Prüfpunkte des GVO-Monitoring können durch die ÖFS abgedeckt werden, weil ein zentrales Schutzziel „Erhalt der Biodiversität“ für ÖFS und GVO-Monitoring gleichermaßen relevant ist. Entsprechend sehen bereits bestehende Umsetzungskonzepte, wie z.B. das der Ad hoc-AG (2004), eine Berücksichtigung von GVO-Prüfpunkten im Rahmen der ÖFS vor. Danach sollen zusätzlich zur Basisvariante der ÖFS (mit Biotoptypen, Blütenpflanzen und Brutvögeln) Parameter zur Verbreitung von Transgenen und Transgenkombinationen vorgesehen werden.

Wir untersuchen hier, ob weitere GVO-relevante Prüfpunkte durch entsprechende Erweiterungen dieses Umsetzungskonzepts abgedeckt werden können. Defizite bestehen nach unseren Recherchen hinsichtlich der Wirkungen von Komplementärherbiziden und der von GVO produzierten Toxine. Diese betreffen vor allem die Nahrungsnetzbeziehungen, die besonders innerhalb der Phytophagen- und Antagonisten - Fauna in Ackerbiotopen beeinträchtigt werden können. Nach einem Evaluationsverfahren schlagen wir dazu zwei höhere Taxa aus der Fauna (Tagfalter sowie Laufkäfer in Offenlandbiotopen) vor, die bereits im Rahmen der ÖFS-Konzeption selektiert wurden.

Die systematische Herleitung aller Prüfpunkte für ein GVO-Monitoring führt zu einem Umsetzungskonzept, das insgesamt 11 Module umfasst (s. Tab. 1), von denen 7 überwiegend im Messnetz der ÖFS umgesetzt werden sollten. Im Wesentlichen müsste dazu der Umsetzungsvorschlag der Ad hoc-AG (2004) nur um zwei Erhebungsparameter erweitert werden (Tagfalter und Laufkäfer in Offenlandbiotopen). Aufwändig wäre eine Umsetzung der Module im Rahmen der ÖFS, die sich auf Gewässer- und Bodenorganismen beziehen. Dazu sollte geprüft werden, ob diese zwei Module mit bereits bestehenden (Bodendauerbeobachtungsflächen) oder unmittelbar in Umsetzung befindlichen Messnetzen (Monitoring zur Wasser-rahmenrichtlinie) abgedeckt werden können. Ideal wäre eine zumindest teilweise Zusammenführung von Messstellen der verschiedenen Messnetze.

Für alle Umsetzungsmodule stellen wir Schutzziele, Prüfpunkte, Parameter und Methoden in ihren Raum- und Zeitbezügen zusammen. Wir geben jeweils Empfehlungen aufgrund bereits bestehender Erfahrungen und zeigen entsprechenden Handlungsbedarf auf. Insbesondere für die nicht im Rahmen der ÖFS umsetzbaren Module, aber auch für einige Belastungsfaktoren (Verteilung des GVO-Anbau, Transgene oder -kombinationen in Pollen bzw. Saatgut) verweisen wir auf mögliche Datenquellen und Messnetze. Beispielhaft sei hier auf ein Umsetzungsmodul verwiesen, das sich auf mögliche Wirkungen von GVO-Eigenschaften auf die Anbaupraxis im weiteren Sinne bezieht (Pflanzenkrankheiten, Resistenzentwicklung und

Anbautechnik). Wie bereits von der Arbeitsgruppe „Anbaubegleitendes Monitoring“ (BBA 2000) empfohlen, sollte geprüft werden, ob nicht bestehende Messnetze der Pflanzenschutzdienste oder des Bundessortenamtes geeignete Daten liefern oder unaufwändig erweitert werden können.

Die Vorteile einer Nutzung des ÖFS-Messnetzes für ein GVO-Monitoring liegen auf der Hand. Die zu erhebenden biotischen Parameter liefern potenziell aussagekräftige Daten für beide Beobachtungssysteme im Sinne eines allgemeinen Biodiversitätsmonitoring. Wenn die Einrichtung erfolgt, bevor ein GVO-Anbau stattfindet, ermöglicht das repräsentative Erhebungsdesign des ÖFS-Messnetzes die Erhebung einer flächenrepräsentativen „baseline“ für GVO-Parameter. Darüber hinaus kann das Messnetz der ÖFS mit GVO-Erweiterungen zeitweilig und partiell als Referenzsystem genutzt werden für spezielle Kausaluntersuchungen und temporäre Messprogramme, die im Sinne eines GVO-Frühwarnsystems in GVO-Anbaubereichen durchgeführt werden.

Durch die Umsetzung der ÖFS ergibt sich weiterhin ein gewisses Synergiepotenzial mit dem FFH-Monitoring: Die Biotoptypenerfassung in Ebene I der ÖFS kann insbesondere für ein Zustandsmonitoring von verbreiteten Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie genutzt werden.

Das von uns vorgeschlagene Konzept der ÖFS mit GVO-Erweiterungen (Tab. 1, grau unterlegt) wird etwa 8.24 Mio. Euro innerhalb eines Erhebungszeitraums von fünf Jahren kosten. In welchem Umfang in den übrigen Modulen Kosten anfallen, kann erst nach einer weiteren Prüfung ermittelt werden. Es besteht die Möglichkeit, dass Parameter dieser Module ggf. nach entsprechenden Erweiterungen durch bestehende Messnetze abgedeckt werden können. Den in diesem Rahmen ermittelten Kostenumfang für ein Biodiversitätsmonitoring stellen wir beispielhaft in Beziehung zu den Kosten anderer Umweltmessprogramme, wie z.B. der Strahlenüberwachung.

## **Summary**

It is an important aim of the regulatory framework on the use of genetically modified organisms (GMO) to prevent any potential harm to human health, biodiversity and future productivity of the environment. Public concerns stimulated the development of an EU legislation that laid down monitoring requirements for the commercial use of GMO. In this study we survey to what extent GMO monitoring requirements can be complemented or covered by the German approach for an Ecological Area Sampling (EAS) (Dröschmeister 2001).

EAS is a planned monitoring programme not yet implemented. Here, we show that EAS would allow to monitor also relevant issues concerning potential GMO effects in the environment. The EAS is designed to cover an essential part of a nation wide biodiversity monitoring system. It is planned to observe structural landscape changes and their impact on the living

nature. In this context two categories of parameters are recorded: parameters quantifying land use intensity (as a causal background for biodiversity implications) and parameters describing environmental states (as effects). This allows for an early detection of both, positive as well as detrimental developments. Based on the principle of cause and effect, EAS facilitates a systematic assessment of environmental problems and advances the possibility to take appropriate protection measures at an early stage.

Züghart & Breckling (2003) have developed a GMO monitoring concept which systematically takes into account the GMO risks presently known. The approach bases on hypotheses on cause-and-effect chains derived from the results of small-scale experiments, and a systematic evaluation of state-of-the-art scientific knowledge. The authors related the hypotheses to appropriate parameters and methods for an assessment. In order to assess GMO effects appropriate indicators are required. Concerning biodiversity issues, the development of indicators is in an early stage.

In order to further biodiversity monitoring for GMO effects and beyond, in this paper we present a list of checkpoints, parameters and methods, which are required for indication. We extracted checkpoints from the monitoring concept of Züghart & Breckling (2003). We show, that many of the checkpoints are also addressed within the system of EAS. The relevance of EAS for GMO monitoring is also supported in a proposal that has been elaborated by a German ad-hoc working group (Ad hoc-AG 2004), which also supports a realization of GMO monitoring within the frame of the EAS. In addition to a basic EAS variant (focusing on changes in habitat types, higher plants and breeding birds) the working group proposed to record the dispersal of transgenes in the environment and the occurrence of transgene combinations in crops and related plant species.

In this paper we ascertain that EAS would allow to cover relevant GMO checkpoints. We conclude that the concept of the Ad hoc-AG does not cover the effects of the use of complementary herbicides or of toxic proteins produced by GMO and released to the environment. This may affect trophic networks mainly involving invertebrate herbivores and their antagonists on farmland. Also invertebrates that are exposed to toxic pollen of GM plants in greater distances from field margins and uptake them with their food may be affected. Evaluating options for supplementary parameters we propose to integrate two higher invertebrate taxa (butterflies and carabid beetles in open habitats) which have also been selected for the EAS concept.

A systematic derivation of checkpoints for GMO monitoring leads to a concept that consists of 11 modules: transgene Screening I and II, flora and vegetation survey, fauna I and II, soil, waterbodies, habitat structures, biodiversity of crops and crop varieties, a module containing plant diseases, establishment of resistance mechanisms and management practices and an allergy register. 7 of these modules can be well covered in the context of EAS. It is shown,

that a substantially increased coverage of GMO effects compared to the Ad hoc-AG (2004) approach can be achieved by the integration of two additional target groups, butterflies and carabid beetles in open habitats.

For economic reasons it seems not feasible to cover also soil and water organisms within the EAS. Therefore it should be intended to deal with the monitoring of this part of biodiversity in other existing monitoring systems, in particular the Long Term Soil Observation (Bodendauerbeobachtung, BDF) and by monitoring within the Water Framework Directive (WFD). The explanatory power would be enhanced by combining evaluations of these observational networks with the EAS.

We arranged the monitoring modules according to protection targets. Checkpoints, parameters and methods are ordered according to their spatial and temporal relations. Recommendations are given how to implement the modules within the EAS. For the issues, which can not reasonably covered by EAS, we suggest potential data sources and other monitoring systems.

The advantages to use the EAS system also for GMO monitoring are obvious. The observed parameters are intended to capture general biodiversity developments. If the programme is implemented before the large scale commercial use of GMO begins, the data will provide valid baseline information for GMO parameters. In addition, the EAS system can be partially or temporally used as a reference system for case-specific investigations in GMO cropping systems. If the EAS is realised, further synergies can be achieved in combination with monitoring requirements according to the European Fauna Flora Habitat Directive.

The estimated costs for EAS will be approximately 8.24 Mio. Euro within a five year recording period. The costs for the proposed additional modules can only be estimated after further evaluations. We compare the evaluated expenses to cost frames of comparable monitoring programmes in other countries and other environmental monitoring programmes in Germany as e.g. the national programme of radioactivity monitoring. We conclude, that in relation to other monitoring tasks, the expenses for biodiversity monitoring for general purposes (EAS) as well as in the GMO context are well in proportion.

**Tab. 1: Übersicht über die Umsetzungsmodule, ihre Zuordnung zu Schutzzielen und die enthaltenen Prüfpunkte**

Grau unterlegt sind die Umsetzungsmodule oder Teile von Umsetzungsmodulen, für die eine Kostenabschätzung vorgenommen wurde.

<b>Umsetzungsmodul</b>	<b>Schutzziel</b> (Problembereich)	<b>Prüfpunkt</b>
<b>Umsetzungsmodule, die primär bzw. überwiegend im Rahmen der ÖFS umgesetzt werden sollten</b>		
<b>Transgen-Screening I</b>	<b>Schutz der Umwelt</b> (Basisdaten Belastungssituation)	Verbreitung von Transgenen und –kombinationen in <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kulturpflanzen</li> <li>- Kreuzungspartnern</li> <li>- Saatgut (anderer Erhebungszusammenhang)</li> <li>- Pollen (ggf. anderes Messnetz)</li> <li>- Boden (siehe Boden)</li> <li>- Gewässer/-sedimente (siehe Gewässer)</li> </ul> Verbreitung von GVO-Anbau (anderes Messnetz)
<b>Flora und Vegetation</b>	<b>Erhalt der Biodiversität, Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft</b> (Invasivität, Herbizidresistenztechnik)	Verhalten (Verwildering, Ausbreitung und Etablierung) der transgenen Kulturpflanzen Verhalten (Etablierung und Ausbreitung) der Hybride Zustand der Ackerbegleitflora, der Ackerrandflora und der Diasporenbank
<b>Fauna I</b>	<b>Erhalt der Biodiversität, Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft</b> (Kumulative Nahrungsketteneffekte, Endstufen, Herbizidresistenztechnik)	Wirkungen auf beikraut-, samen- und insektenfressende Wirbeltiere und ihre Prädatoren
<b>Fauna II</b>	<b>Erhalt der Biodiversität, Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft</b> (Herbizidresistenztechnik, toxische und andere Wirkungen auf Phytophage, Verbreitung von toxisch wirkenden Substanzen, kumulative Nahrungsketteneffekte, Endstufen)	Direkte Herbizidwirkung auf Wirbellose Indirekte Wirkung auf Pollenfresser/ Blütenbesucher unter den Wirbellosen Indirekte Wirkung auf phytophage Zielarten an Beikraut Transgenvermittelte Wirkung auf phytophage Zielarten an der Kulturart Transgenvermittelte Wirkung auf pollenfressende Wirbellose Indirekte Wirkungen auf Antagonisten unter den Wirbellosen
<b>Boden</b>	<b>Erhalt der Bodenfunktionen, Erhalt der Biodiversität</b> (Herbizidresistenztechnik, toxische und andere Wirkungen auf Bodenmikroorganismen und Bodenzoologie, kumulative Nahrungsketteneffekte), <b>Schutz der Umwelt</b> (Basisdaten Belastungssituation)	Gehalt von Transgenen, Genprodukten bzw. Bioziden im Boden. Indirekte Wirkungen bzw. Wirkung der HR-Strategie auf Bodenphysik und Bodenchemie Transgen- bzw. biozidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen, durch veränderte genetische Ausstattung herbeigeführte Änderung von Zusammensetzung und Funktionen von Mikroorganismen, Transgen- bzw. Herbizidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen auf Zusammensetzung und Funktionen der Bodenfauna
<b>Gewässer</b>	<b>Schutz der Gewässerfunktionen, Erhalt der Biodiversität</b> (Toxische Wirkungen auf Gewässerorganismen, Herbizidresistenztechnik), <b>Schutz der Umwelt</b> (Basisdaten Belastungssituation)	Gehalt von Transgenen, Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern und/oder Sedimenten. Wirkung von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern auf in Gewässern lebende Organismen
<b>Biotopstrukturen</b>	<b>Schutz der Umwelt</b> (Basisdaten Belastungssituation)	Landschaftsstrukturelle Diversität
<b>Module zur Umsetzung in anderen medialen Erfassungszusammenhängen</b>		
<b>Transgen-Screening II</b>	<b>Schutz der Umwelt</b> (Belastungssituation) Erhalt der Biodiversität	Qualitative und quantitative Analyse von Honig, Kompost, Klärschlämmen und Magen/Darminhalt bzw. Ausscheidungen von Wildtieren

<b>Umsetzungsmodul</b>	<b>Schutzziel</b> (Problembereich)	<b>Prüfpunkt</b>
<b>Vielfalt von Kulturarten und Sorten</b>	<b>Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft, Erhalt der Biodiversität</b> (Verlust von Kulturarten- und Sortenvielfalt)	Anzahl und Zusammensetzung verwendeter Kulturarten und Sorten
<b>Pflanzenkrankheiten, Resistenzentwicklung, Veränderung der Anbautechnik</b>	<b>Pflanzenschutz</b> (Verbreitung von Pflanzenkrankheiten, Resistenzentwicklung) <b>Schutz der Umwelt</b> (Basisdaten Belastungssituation)	Befall der Kulturpflanze mit phytopathogenen Wirbellosen Befall durch virale Phytopathogene und Befallsausprägungen an Kulturpflanze und Kreuzungspartnern Auftreten von behandlungsresistenten Schadinsekten, Ackerbeikräutern und Durchwuchs, Indirekte Wirkungen durch veränderte Anbautechnik
<b>Allergieregister</b>	<b>Schutz der menschl. Gesundheit</b> (Umweltwirkungen auf menschl. Gesundheit: Allergien über Atemwege)	Frequenz und Verbreitung von Allergien der Atemwege

## 1 Monitoring

Wir stellen kurz die Aufgaben und Ziele der Umweltbeobachtung generell dar und beziehen sie anschließend auf die GVO-Problematik. Für das GVO-Monitoring wurde durch die EU bereits eine gesetzliche Grundlage geschaffen. Wir zeigen wie Umweltbeobachtung mit der Forschung in Wechselwirkung tritt und betten Monitoring in das übergreifende Konzept des pressure-state-response-Modells ein.

### 1.1 Bedeutungswandel im Umweltbewusstsein

Die Sensibilität einer breiteren Öffentlichkeit für den Umweltschutz bildete sich maßgeblich erst in den 1960er Jahren, als die nachteiligen Folgen industrieller Aktivitäten für die Umwelt besonders eklatant wurden. Ausgelöst z.B. durch Fischsterben im Rhein, Versauerung von Gewässern oder die Chemiekatastrophen von Seveso oder Bhopal setzte ein Wertewandel in der Gesellschaft ein. Bis zu Beginn des 21. Jahrhunderts bekamen verschiedene Umweltthemen unterschiedliches Gewicht - einige behielten durch den Lauf der Jahrzehnte hohen Aufmerksamkeitswert (vgl. Abb. 1). Andere Themen wie die Verschmutzung von Oberflächengewässern werden inzwischen aufgrund von deutlichen Verbesserungen zunehmend weniger wahrgenommen. Die Gefährdung der globalen Biodiversität dagegen gewinnt immer mehr an Brisanz (vgl. Kap. 3.2). Denn Probleme wie Klimawandel, Überbevölkerung und Übernutzung von Ressourcen wirken synergistisch auf einen Rückgang der Biodiversität.

Außer Missständen und Katastrophen trugen auch Einsichten in die Begrenztheit natürlicher Ressourcen zum Wandel des Umweltbewusstseins bei. Forderungen nach einem nachhaltigen Wirtschaften wurden lauter. Eine weitere Sensibilisierung der Öffentlichkeit bewirkte das Heraufkommen neuer Risiken, die infolge neuartiger Technologien entstanden. In diesen Kontext gehört auch die Freisetzung und der Anbau von gentechnisch veränderten Organis-

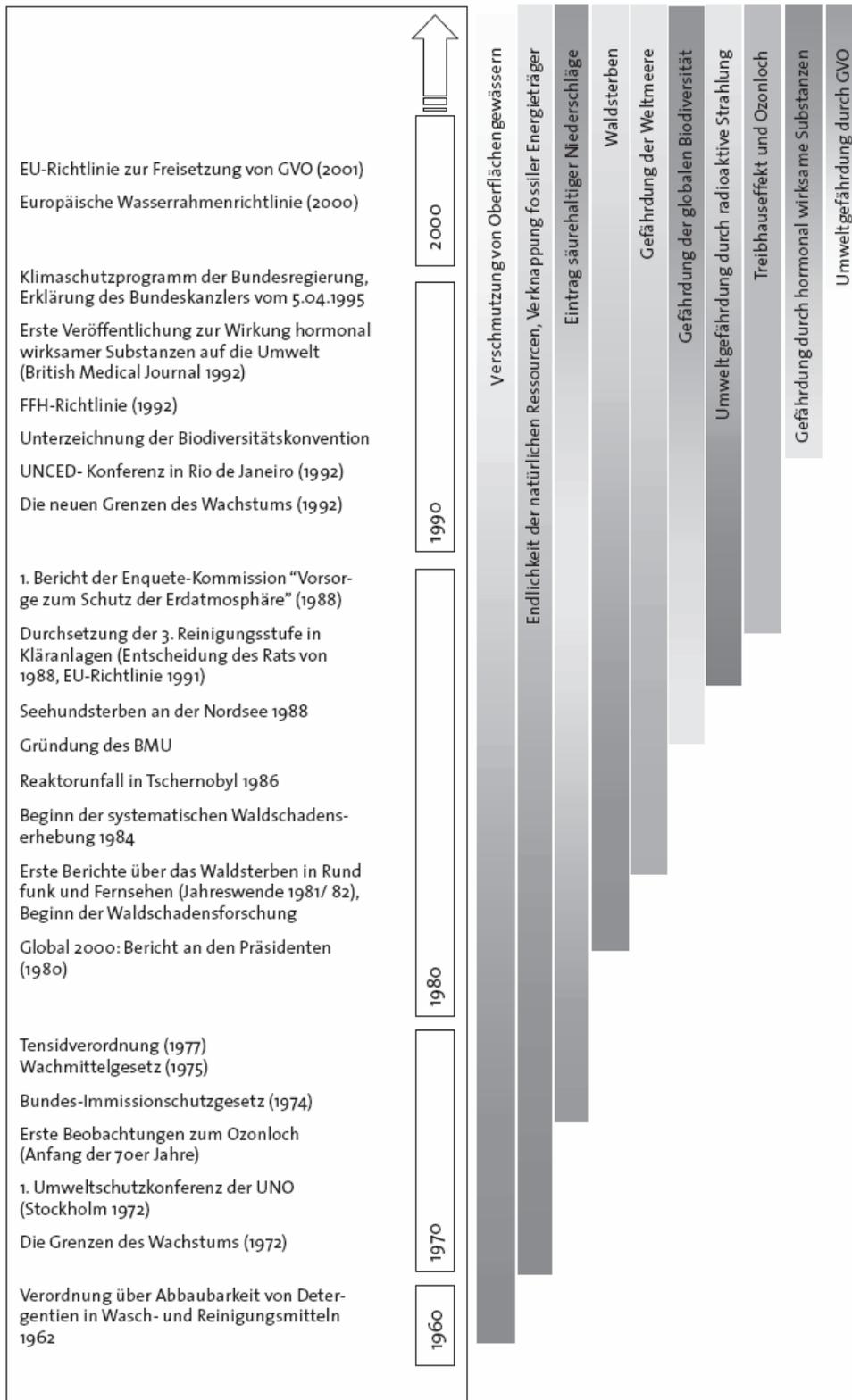
men - mit bisher schwer abschätzbaren Folgen u.a. für die menschliche Gesundheit, Landwirtschaft und Biodiversität.

Auf akute Vorfälle, aber auch neue wissenschaftliche Erkenntnisse reagiert die Politik mit globalen oder nationalen Regelwerken und Gesetzgebungen. Diese entstehen oft erst in Reaktion auf Störfälle oder auf neue Befunde, z.B. aus Medizin oder Toxikologie, die schädliche Wirkungen neu entwickelter Chemikalien nachweisen. Neue Gesetze schreiben Maßnahmen zur Risikovorsorge vor. Das Beispiel Strahlenschutz zeigt dabei, dass durchaus vor dem Eintritt von Katastrophen Überwachungsmaßnahmen stattfinden. So werden in Deutschland bereits seit 1950 Strahlenmessnetze betrieben. Doch erst die enorme Aufmerksamkeit, die dem Thema 1986 durch den Unfall im Kernkraftreaktor von Tschernobyl zukam, führte noch im selben Jahr zur Verabschiedung des Gesetzes „Zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung“. Dieses Gesetz verankerte rechtlich die Einrichtung und Finanzierung systematischer und bundesweit harmonisierter Überwachungsmaßnahmen.

Neue politisch-wirtschaftliche Rahmenbedingungen finden sich zurzeit auch im Bereich Umwelt und Naturschutz. In diesem Themenbereich fokussieren sich gesellschaftliche Ansprüche auf den Erhalt natürlicher Ressourcen, der Biodiversität und einer qualitativ hochwertigen Umwelt gleichermaßen. Konkret äußert sich ein solcher Bedeutungswandel derzeit z.B. in der Einrichtung des Natura 2000-Schutzgebietssystems in der EU.

Allerdings bestehen, was Maßnahmen der Risikovorsorge betrifft, bis heute in den Umweltbereichen erhebliche Differenzen: Im technischen Umweltschutz, zu dem z.B. die Reinhaltung von Luft und Wasser, Lärmschutz, Abfallbeseitigung und Strahlenschutz gehören, ist es vergleichsweise einfach, Akzeptanz über festgelegte Grenzwerte zu erreichen. Denn hier sind die Ursache-Wirkungszusammenhänge noch überschaubar und schädlichen Einwirkungen kann durch technische Maßnahmen und mit der Setzung von Grenzwerten begegnet werden. Allerdings sind auch im technischen Bereich Lösungsansätze schwieriger, wenn räumlich, zeitlich oder kausal weitreichende Wirkungsketten vorliegen oder unerwartet auftreten wie z.B. beim Treibhauseffekt oder beim Ozonloch.

Zur Sicherung des Erhalts lebender natürlicher Ressourcen sowie der Ökosystemleistungen ist es aufgrund der komplexen Wechselwirkungen zwischen Organismen und Umwelt noch erheblich schwieriger, mit einfachen Soll- bzw. Grenzwertkonzepten aufzuwarten. Hinzu kommen nun neuartige Wirkungszusammenhänge durch die kommerzielle Nutzung von gentechnisch veränderten Organismen (GVO), die ganz neue Anforderungen an Risikovorsorge und Monitoring stellen. Die Einsicht, dass diese Risiken überwacht werden müssen, hat sich inzwischen in entsprechenden Gesetzgebungen der EU niedergeschlagen, die derzeit teilweise in nationales Recht umgesetzt werden (s. Kap. 1.3).



**Abb. 1: Dynamik in der Diagnostik und Wahrnehmung von Umweltproblemen und Risiken in den vergangenen Dekaden (aus Schönthaler et al. 2003)**

## **1.2 Kommerzieller Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) - neue Wirkungszusammenhänge ergeben sich**

Die Freisetzung und das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) bergen Risiken für die menschliche Gesundheit und für die Umwelt. Diese können sich aus komplexen Wirkungszusammenhängen oder aufgrund unvorhersehbarer Eigenschaften der GVO ergeben. Die Gentechnik ermöglicht es, Gene weitgehend unabhängig von natürlichen Artgrenzen von einem Organismus auf einen anderen zu übertragen. Die veränderte Genausstattung führt in den Zellen eines Organismus zur Produktion von artfremden Proteinen, über die der GVO neue, erwünschte, aber auch unvorhergesehene Eigenschaften ausprägen kann. Kürzlich stellte das internationale Humangenomprojekt (IHGSC 2004) seine Ergebnisse der Fachöffentlichkeit vor. Diese bestätigen, dass beim Menschen „nur“ 20-25.000 Gene für die angenommenen etwa 100.000 Proteine codieren. Die „Ein Gen, ein Protein – Hypothese“ ist damit weitgehend widerlegt. Ein einzelnes Gen ist im Mittel für die Ausprägung von mehreren Proteinen verantwortlich, die ihrerseits andere strukturell beeinflussen können. Ein Gen kann daher potenziell auf ein ganzes Spektrum von Eigenschaften einwirken. So kann auch ein gentechnisch übertragenes Gen neben der erwünschten Eigenschaft zur Ausprägung weiterer unerwarteter Eigenschaften führen. Für die Risikoabschätzung eines GVO kommt hinzu, dass der gentechnische Eingriff auf einer der organisatorisch untersten Ebenen, nämlich der von Molekülen stattfindet, die neuen Eigenschaften des transgenen Organismus sich jedoch auf mehreren Organisationsebenen zugleich manifestieren können:

- der Ebene der **Moleküle** ( z.B. durch Transformations- oder Rekombinationsprozesse),
- der Ebene der **Physiologie** (z.B. durch Wechselwirkungen zwischen Proteinen oder Regulationsprozesse),
- der Ebene des **Organismus** (z.B. durch Ausprägung von bestimmten Merkmalen eines Individuums),
- der Ebene der **Population** (z.B. durch veränderte Reproduktions- oder Verbreitungsbiologie),
- der Ebene des **Ökosystems** (z.B. durch Nahrungsketteneffekte oder Verschiebung der Artenzusammensetzung) und
- auf der Ebene der **Landschaft** (z.B. als Resultat von Landnutzungsumstellungen).

Aufgrund der Selbstorganisationsfähigkeit lebender Organismen ist zudem die räumliche Ausbreitung und die Überdauerung von GVO erheblich schwieriger abzuschätzen als z.B. die einer Chemikalie. Das weite Feld neuer, nicht prognostizierbarer Eigenschaften von GVO führt dazu, dass ihre Auswirkungen direkt oder indirekt, unmittelbar oder erst nach langer Zeit auftreten können (Artikel 2 (8) der Richtlinie 2001/18/EG in: Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union 2001).

### **1.3 Gesetzliche Grundlagen des GVO-Monitoring**

Das Spektrum an möglichen schädlichen Auswirkungen von GVO auf Mensch und Umwelt zu bewerten, zu überwachen und ggf. rechtzeitig einzudämmen, ist Ziel zweier Gesetzgebungen der EU: Die Europäische Richtlinie 2001/18/EG regelt die Freisetzung und das Inverkehrbringen von GVO und wird derzeit in nationales Recht umgesetzt. Die Europäische Verordnung 1829/2003/EG zu gentechnisch veränderten Lebens- und Futtermitteln ist dagegen bereits unmittelbar rechtskräftig. Nach beiden Gesetzen ist mit der Zulassung von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) verbunden. In dieser obliegt es dem Antragsteller, Merkmale des GVO zu beschreiben, die schädliche Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt haben können. Für diese Merkmale soll das Risiko (Ausmaß des Schadens bezogen auf die Eintrittswahrscheinlichkeit) abgeschätzt werden. Gegebenfalls sind Maßnahmen anzugeben, wie das Risiko minimiert werden kann, so dass es vernachlässigbar ist. Außerdem sieht das Gesetz die Aufstellung eines Überwachungsplans vor, mit dem in der UVP gemachte Angaben über das Auftreten und das Ausmaß einer etwaigen schädlichen Auswirkung des GVO kontrolliert werden sollen. Weiterhin sollen schädliche Wirkungen des GVO auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt festgestellt werden, die sich in der UVP nicht vorhersehen ließen. Dazu sind nach RL 2001/18/EG eine fallspezifische Beobachtung (case specific monitoring) und eine allgemeine Beobachtung (general surveillance) vorzusehen, deren Kosten der Antragsteller zu tragen hat. Eine inhaltliche Ausgestaltung dieser Begriffe steht noch aus (Breckling et al. 2003). Eine „Verordnung über die Beobachtung von Produkten, die aus gentechnisch veränderten Organismen bestehen oder solche enthalten“ (Gentechnik-Beobachtungsverordnung – GenTBeobV) soll in Zukunft die Mindeststandards der Beobachtung regeln. Darin sollen auch die Voraussetzungen festgelegt werden, unter denen bereits bestehende Beobachtungsprogramme und behördliche Beobachtungstätigkeiten in das Monitoring einbezogen werden können.

### **1.4 Bezüge zwischen GVO-Monitoring und wissenschaftlicher Forschung**

Das GVO-Monitoring bildet einen festen Bestandteil des gesetzlichen Rahmens. Aufgrund des fortschreitenden wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses erweitern sich die Kenntnisse über GVO-Wirkungen. Erste Ursache-Wirkungshypothesen lassen sich auf der Basis von a-priori Wissen und qualitativen Hinweisen entwickeln. Dazu liefern zeitlich und räumlich begrenzte Befunde zu einzelnen Wirkungszusammenhängen die Grundlage wie z.B. die toxische Wirkung von B.t.-Mais auf Schmetterlinge anhand letaler Effekte im Labor oder im Freiland (Losey et al. 1999). Da solche Untersuchungen kostspielig und aufwändig sein können, wenn etwas kompliziertere Zusammenhänge über einen längeren Zeitraum in verschiedenen Lebensräumen überprüft werden müssen, liegen bisher wenige systematische Freilandhebungen vor wie z.B. die Farm Scale Evaluations: Dieses Großforschungsprojekt in Großbri-

tannien zeigte anhand mehrerer Indikatorgruppen in Flora und Fauna negative Auswirkungen des Anbaus herbizidresistenter GVO auf die Biodiversität (Squire et al. 2003).

Befunde aus der Forschung zu Ursache-Wirkungs-Beziehungen bei GVO bilden eine wichtige Grundlage für die systematische Überwachung unmittelbarer oder langfristiger, direkter und indirekter Wirkungen in der Umwelt. Dieses GVO-Monitoring dient - im Sinne eines Frühwarnsystems - dazu, das Auftreten erwarteter oder unerwarteter Veränderungen in der Umwelt anzuzeigen. Lassen Befunde aus dem Monitoring das Vorliegen von Umweltwirkungen spezifischer GVO nur vermuten, so muss dies Anlass für eine investigative Bestätigung oder Falsifizierung der vermuteten Ursache-Wirkungszusammenhänge sein.

Auf der anderen Seite ergibt sich aus der Analyse von Kausalzusammenhängen die Möglichkeit, Beobachtungsmessnetze in ihrer Aussagekraft und Sensitivität nachzubessern. Die Ergebnisse aus Forschung und Monitoring fließen also im Optimalfall gleichermaßen in eine UVP ein und bedingen sich gegenseitig.

Eine gut organisierte Abstimmung zwischen Ursache-Wirkungsforschung und Umweltbeobachtung fördert somit das frühzeitige Erkennen von Risiken und eröffnet ggf. die Möglichkeit, möglichen Umweltschäden frühzeitig entgegen zu wirken.

### **1.5 Begriffe und Definitionen, eingebettet in das Konzept des *pressure - state - response (PSR)***

Umweltbeobachtung basiert auf einer längerfristig angelegten und in gleichen Raumschnitten wiederholten Beobachtung bestimmter Merkmale des Naturraums und der menschlichen Aktivitäten, die darauf einwirken. Das Ziel ist es, Veränderungen gegenüber einem vorher festgelegten Standard oder einer erwarteten Norm (Grenzwert) zu ermitteln (Hellawell 1991). Die Beobachtung bzw. das Monitoring ist ein anwendungsbezogenes Verfahren, das Aufschluss über Sachverhalte geben soll, deren Beziehungen zu vereinbarten Schutzziele weitgehend bekannt sind oder mit hinreichender Sicherheit vermutet werden können. Zur sachgerechten Durchführung ist es notwendig, standardisierte Methoden anzuwenden (Dierßen & Hoffmann-Müller 2004).

Über räumlich verteilte Umweltmessstellen soll das ökologische Inventar strukturell und funktional möglichst repräsentativ erfasst werden. In Deutschland regelt § 12 des Bundesnaturschutzgesetzes die Umweltbeobachtung: Danach sollen der Zustand des Naturhaushalts und seine Veränderungen, Einwirkungen sowie Umweltschutzmaßnahmen ermittelt und bewertet werden.

Im Verlauf der umweltpolitischen Debatten wurde eine Vielzahl von Konzepten zur Modellierung von Mensch-Umwelt-Interaktionen entwickelt. Im Bereich von Umweltindikationssystemen wird allgemein auf das *pressure-state-response (PSR)*-Modell der OECD (1994) zurückgegriffen (Coenen 2000). Dieses Modell hilft, Verknüpfungen zwischen Ursachen und

Wirkungen von Umwelteinflüssen herzustellen. Es unterscheidet zwischen Belastungsindikatoren (P = pressure), die Belastungen der Umwelt durch menschliche Aktivitäten indizieren, Zustandsindikatoren (S = state), die Zustände und Qualitäten der Umwelt beschreiben und Reaktionsindikatoren (R = response), die gesellschaftliche Reaktionen auf die Umweltprobleme erfassen.

### **1.5.1 Pressure**

Für jeden Umweltbereich werden spezifische Belastungsparameter definiert, die ihren Ausdruck z.B. im Ausmaß der Verbreitung von chemischen Stoffen (wie Pestizide, hormonell aktive Substanzen oder Antibiotika) oder Transgenen bzw. Transgenkonstrukten in der Umwelt finden, aber auch in Prozessen wie Strahlung, Bodenerosion oder landschaftsstrukturellen Veränderungen. Die Ursache-Wirkungshypothesen berühren oft mehrere Problembereiche gleichzeitig und müssen dann in ihrem Bezug zu einer ganzen Reihe von Belastungsfaktoren erörtert werden. Verschiedene Problembereiche implizieren dabei auch bestimmte Perspektiven, die Parameter jeweils als Wirkungen oder als Belastungen erscheinen lassen: Beim Problembereich „Anreicherung von Toxinen in der Umwelt“ werden die Toxine selbst als Belastungen dargestellt, im Problembereich „GVO-Anbau“ dagegen sind Toxine Wirkungen, die erst infolge des Anbaus toxinproduzierender GVO entstehen. Um Inkonsistenzen zu vermeiden, stufen wir im Folgenden alle Faktoren, die in irgendeinem Problembereich als Belastung aufgefasst werden, auch als Belastung ein, wenn sie in einem anderen Problembereich eine Wirkung indizieren.

### **1.5.2 State**

Die zweite Komponente des PSR-Ansatzes, state, bezeichnet den synoptischen Zustand der Umwelt, der sich aufgrund der aktuellen und der vergangenen Nutzungen natürlicher Ressourcen einstellt. Er wird anhand von Parametern erfasst, deren Veränderung ein Maß für die Auswirkungen der Belastungen darstellt.

Belastungen wie Zustände lassen sich über Indikatoren erkennen. Während in anderen Umweltbereichen solche Indikatoren bereits entwickelt und abgestimmt sind, mangelt es im Themenbereich „Biodiversität und GVO-Wirkungen“ noch an allgemein akzeptierten Indikatoren. Der Grund liegt vor allem in den bisher erst ansatzweise oder nicht hinreichend präzise erfassten Ursache-Wirkungsbeziehungen (s. Kap. 1.4). Daher sprechen wir im Folgenden nicht von Indikatoren sondern verwenden das begriffliche Triplet „Parameter, Methode und Prüfpunkt“ als die Prototypen für zukünftige Indikatoren.

Für Umweltindikatoren sowie unser Begriffs-Triplet gelten prinzipiell die gleichen Anforderungen (SRU 1998, verändert, Wiggering & Müller 2004):

1. **wissenschaftlich**: Repräsentativität und Adäquanz bezüglich der ökologischen Zusammenhänge,
2. **funktional**: Sensitivität gegenüber Änderungen im Zeitablauf, Frühwarnfunktion,
3. **nutzerbezogen**: Zielbezug, Verdichtung von Informationen, Verständlichkeit für Öffentlichkeit und Politik,
4. **praktisch**: Datenverfügbarkeit, Möglichkeit regelmäßiger Aktualisierung.

### 1.5.3 Ansatz, Begriffe und Definitionen

Der problemgeleitete Ansatz des PSR-Modells hilft, Verknüpfungen zwischen Ursachen und Wirkungen von Umwelteinflüssen herzustellen. Ein zentrales Element dieses Ansatzes ist die Formulierung von **Ursache-Wirkungs Hypothesen**. Dies soll eine Umweltberichterstattung ermöglichen, die gezielt aktuelle Umweltthemen und -probleme aufgreift und auf wissenschaftlicher Grundlage über Entwicklungstrends informiert. Im Bezug auf das GVO-Monitoring dient der Ansatz mehreren Zielen:

1. der strukturierten Ableitung von **Prüfpunkten** aus Ursache-Wirkungshypothesen bzw. den belegten Ursache-Wirkungszusammenhängen,
2. der gezielten Auswahl von **Parametern**, mit denen vermutete Ursache-Wirkungszusammenhänge bzw. erwartete Trends beobachtet werden können,
3. der Konstruktion eines Fragengerüsts für eine entsprechende **Berichterstattung**,
4. als Grundlage für die Beratung der **Naturschutzpolitik** und bei der **politischen Steuerung**.

Im Folgenden definieren wir zusammenfassend Termini, die wir in dieser Studie durchgängig verwenden. Die Definitionen sind zum Teil Schönthaler et al. (2003) und Wiggering & Müller (2004) entnommen. Diese Begriffe werden u.a. auch von der Bund/Länder AG „Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen“ (B/L-AG 2003) sowie intern vom Bundesamt für Naturschutz (BfN) gebraucht.

**Schutzgüter** sind die von der Rechtsordnung geschützten Güter des Einzelnen (z.B. Leben, Gesundheit, Eigentum) oder der Allgemeinheit (z.B. Luft, Klima, Boden, Grund- und Oberflächengewässer, Biotop, Tiere, Pflanzen, Mensch). Der Schutz dieser Güter wird über **Schutzziele** operationalisiert und konkretisiert. Wir orientieren uns an den im Entwurf der Beobachtungsverordnung genannten Schutzziele (Anlage zu § 2 Abs. 1 der Beobachtungsverordnung, GenTBeobV, im Entwurf vom 17. September 2004). Grundsätzlich gibt es inhaltliche Überschneidungen zwischen verschiedenen Schutzziele, die wir jedoch nur in einigen Fällen explizit ansprechen.

**Parameter** sind die eigentlichen Untersuchungsgrößen. Sie werden mit einer festgelegten **Methode** unmittelbar erhoben oder aus erhobenen Daten abgeleitet. Parameter wie Methode müssen dazu geeignet sein, einen **Prüfpunkt** aussagekräftig abzudecken. Da **Indikato-**

ren eine entwickelte und abgesicherte Verknüpfung von Prüfpunkt, Parameter und Methode darstellen, halten wir die Verwendung dieses Terminus im Zusammenhang mit dem GVO-Monitoring für verfrüht.

## **2 Bisherige Konzepte für ein GVO Monitoring**

Wir verwenden im Folgenden den umfassenden, hypothesengeleiteten GVO-Monitoringansatz von Züghart & Breckling (2003) als wichtige Ausgangsbasis. Dieses Konzept wird von uns auf Schutzziele, Handlungsbereiche und Prüfpunkte hin systematisiert und aktualisiert. Weitere GVO-Monitoringkonzepte liegen von einer Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft (B/L-AG) sowie der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig (BBA) vor und werden von uns kurz erörtert. Abschließend gehen wir auf neue GVO ein, die derzeit in der Entwicklung sind und prüfen, wie weit ihr Inverkehrbringen ein GVO-Monitoring modifizieren würde.

### **2.1 Der Hypothesengeleitete Ansatz von Züghart & Breckling (2003)**

Als Ausgangspunkt unserer Analyse verwenden wir das GVO-Monitoring-Konzept, das im Auftrag des Umweltbundesamts (UBA) von Züghart und Breckling (2003) erstellt wurde. Es systematisiert mögliche GVO-Wirkungen in verschiedenen Umweltbereichen.

Im Fokus dieses Konzepts stehen vier prototypische GVO:

1. herbizidresistenter Raps (**HR-Raps**),
2. Mais mit einer gentechnisch vermittelten Insektenresistenz (**B.t.-Mais**),
3. kohlenhydratveränderte Kartoffeln (**KH-Kartoffeln**) und
4. virusresistente Zuckerrüben (**VR-Zuckerrüben**).

Für diese GVO, deren Entwicklung Anwendungsreife erreicht hat, wurden Ursache-Wirkungshypothesen formuliert, die fallübergreifend (Hypothesen 1 bis 11) oder fallspezifisch (Hypothesen 12 bis 63) (s. Tab. 2) gültig sind. Das Konzept führt weiterhin die Parameter und Methoden eines Monitoring aus, das spezifisch auf die oben genannten vier Kulturarten ausgerichtet ist und die in den Hypothesen formulierten Wirkungsbezüge abdeckt.

Da die Ursache-Wirkungshypothesen und belegten Wirkungszusammenhänge mehrere ökologische Integrationsebenen (von molekularen Wechselwirkungen bis zur Landschaftsebene) berücksichtigen, werden auch die verschiedenen trophischen Stufen in den Nahrungsnetzen sowie unterschiedliche Größenklassen von Organismen (Mikroorganismen bis hin zu Großsäugern) einbezogen. Zugleich deckt das Konzept verschiedene Bezugsräume und Zeithorizonte ab. Die Klassifizierung des Raumbezugs geschieht in zwei Raumeinheiten: schlagbezogen (differenziert nach Anbaufläche bzw. Ackerrain) und darüber hinaus reichende größere Bezugsräume.

Zunächst stellen wir einen möglichst engen Bezug der Hypothesen im Ansatz von Züghart und Breckling (2003) zu den im Entwurf der Gentechnik-Beobachtungsverordnung (GenT-BeobV, Stand 17 Sept. 2004) genannten Schutzziele her. Für eine verallgemeinerte Darstellung haben wir die in dem Konzept genannten Parameter in entsprechende Prüfpunkte (vgl. Kap. 1.5) „rückübersetzt“. Dabei wurde die Eignung dieser Prüfpunkte kenntlich gemacht, eine Belastungssituation oder einen Zustand (Status) (s. Kap. 1.5) zu beschreiben. An einigen Stellen musste das Konzept von Züghart und Breckling (2003) aufgrund neuer Forschungsergebnisse weiter aktualisiert werden (in Tab.2). Diese Punkte erläutern wir kurz:

1. Mögliche schädliche Wirkungen des B.t.-Toxins für die menschliche Gesundheit können bisher nicht ausgeschlossen werden. Einige B.t.-Toxinvarianten erfüllen Kriterien für Allergene und erhielten daher keine Zulassung als Lebensmittel wie der so genannte Star-Link Mais in den USA. Anfang 2004 wurde bekannt, dass Menschen, die in Reichweite von Pollen aus B.t.-Maisanbau leben, möglicherweise Antikörper gegen das Toxin bilden (Traavik 2004). Für die direkte Anwendung der *Bacillus thuringiensis* Bakterien, aus denen das Toxingen stammt, wurde Antikörperbildung mit Hinweisen auf mögliche allergene Zusammenhänge bereits nachgewiesen (Berstein et al. 1999). Für die Vorsorge vor Umweltrisiken ergibt sich daraus, dass eine mögliche allergene Wirkung des Pollen von B.t.-Mais überwacht werden sollte. Weiterhin liegen Befunde vor, wonach die in bestimmten B.t.-Maisvarianten produzierten Toxingene physiologische und immunologische Reaktionen bei Nagetieren hervorrufen können (Vazquez-Padron et al. 2000 und Moreno-Fierros et al. 2002). Die verschiedenen Befunde fügen sich in ein plausibleres Gesamtbild, seit Hinweise dafür vorliegen, dass *Bacillus thuringiensis* ein ehemaliger Krankheitserreger von Säugetieren ist (De Maagd et al. 2001). Für die Vorsorge vor Umweltrisiken ergibt sich daraus, dass neben einer möglichen allergenen Wirkung des Pollen von B.t.-Mais auch weitreichende Wirkungsketten bedacht werden müssen, die über horizontalen Gentransfer in Bodenmikroorganismen oder Darmbakterien von Nutz- und Wildtieren ihren Anfang nehmen könnten. Allerdings ist bisher nicht geklärt, wie solche Entwicklungen methodisch verfolgt und nachgewiesen werden können (Heinemann & Traavik 2004).

2. Die Erhaltung und nachhaltige Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen, die für die Ernährung unentbehrlich sind, ist ein wichtiges Ziel des FAO Artenschutzabkommens, das 2004 in Kraft getreten ist. Die mögliche Betroffenheit von Kulturarten und Sorten durch die Verbreitung von Transgenen und Transgenkombinationen im Saatgut einerseits und die mögliche Verdrängung durch GVO-Sorten andererseits sollte im Rahmen eines GVO-Monitoring überwacht werden. Ein weiterer Aspekt ist, dass Saatgut selbst im Falle von Kontamination einen wichtigen Verbreitungspfad für Transgene und Transgenkombinationen darstellen kann und in diesem Sinne als Belastungsfaktor wirken kann.

Im Folgenden stellen wir das Gesamtgerüst der Ursache-Wirkungshypothesen zusammen und ordnen es Prüfpunkten, Handlungsbereichen und Schutzzielen zu (Tab. 2). Kurzgefasst ergeben sich zu den Schutzzielen im Einzelnen folgende Aspekte:

1. **Erhalt der menschlichen Gesundheit:** Pollen der transgenen Kulturart kann über die Atemwege Allergien auslösen,
2. **Erhalt der Biodiversität (einschließlich der Implikationen für die Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft):** GVO können verwildern bzw. Bastarde mit nahverwandten Arten bilden und sich in der Landschaft ausbreiten,
3. **Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft (einschließlich der Implikationen für den Erhalt der Biodiversität):** Durch GVO können sich Anbaupraxis bzw. Anbauschwerpunkte verändern, was sich auf die Biodiversität im Agrarraum auswirkt. Es kann zur Einkreuzung von GVO in Saatgut kommen, die Vielfalt von Kulturarten kann sich verringern. Es können sich Herbizid-Resistenzen bilden, die den Aufwand für Herbizideinsatz erhöhen würden. GVOs wirken sich auf das Spektrum der sich von ihnen ernährenden phytophagen Wirbellosen aus sowie auf pflanzenfressende Wirbeltiere.
4. **Erhalt der Bodenfunktionen:** Genprodukte bzw. Biozide können in den Boden gelangen und hier persistieren. Über die HR-Technologie kann sich die Erosion von Böden verändern. Die Artenzusammensetzung von Mikroorganismen und Wirbellosen im Boden kann sich ändern. Transgene können genetisch in Wechselwirkung mit Mikroorganismen treten. All diese Zusammenhänge können sich auch auf die Biodiversität der Bodenorganismen auswirken.
5. **Schutz der Gewässerfunktionen:** Herbizide bzw. Genprodukte können in Gewässer gelangen und sich dort auf die Biodiversität auswirken.
6. **Pflanzenschutz:** GVO können zu genetischen Wechselwirkungen mit Mikroorganismen oder Viren treten und z.B. neue unbekannte Eigenschaften entstehen lassen.

Die Zuordnung zu Schutzzielen ist nicht frei von Überschneidungen, da eine „nachhaltige Landwirtschaft“ oder Boden- und Gewässerschutz wichtige Teilaspekte des Schutzziels „Erhalt der Biodiversität“ darstellen.

**Tab. 2: Ursache-Wirkungshypothesen und Prüfpunkte des GVO-Monitoringkonzepts nach Züghart und Breckling (2003, erweitert), sortiert nach Schutzziele und Handlungsbereichen bzw. Parametergruppen**

H1-H11 fallübergreifende Hypothesen,  
H12-H38 Hypothesen zu herbizidresistentem (HR)-Raps,  
H39-50 Hypothesen zu B.t.Mais,  
H51-H58 Hypothesen zu virusresistenten Zuckerrüben (VR-ZR.),  
H59-H63 Hypothesen zu kohlenhydratmodifizierten –Kartoffeln (KH-Kart.)  
– Aktualisierungen des Ausgangskonzepts (kursiv)

Schutz-ziele	Handlungs-bereich/ Para-metergruppe	Ursache-Wirkungs Hypothesen	HR-Raps	BT-Mais	VR-ZR.	KH-Kart.	Prüfpunkte
<b>Menschl. Gesundheit</b>	<i>Umweltwirkungen auf menschl. Gesundheit: Allergien über die Atemwege</i>	<i>Pollen der Kulturart können transgenvermittelt allergen wirken</i>		<b>X</b>			<b>Belastung:</b> <i>Verbreitung von Transgenen und Transgenkombinationen in Pollen</i> <b>Status:</b> <i>Frequenz und Verbreitung von Allergien der Atemwege</i>
<b>Biodiversität, nachhaltige Landwirtschaft</b>	Horizontaler Gentransfer (in Mikroorganismen, Viren), Auskreuzung (in Wildflora) und Verbreitung Verwilderungs- und Ausbreitungspotenzial der Kulturpflanze	Auf Grund von Transgenen oder Transgenkombinationen können Mikroorganismen (H5) und Kulturpflanzen in vorhersehbarer Weise (H59) oder durch einen spezifischen Selektionsvorteil (H19, H54) oder in unvorhersehbarer Weise (H2, H3) ihr ökologisches Verhalten so ändern, dass sie sich auf die Biodiversität der Pflanzenarten negativ auswirken (H1, H9). Die Einwirkung reicht räumlich und zeitlich über den GV-Anbau selbst hinaus bzw. wird verstärkt durch: 1.) horizontalen Gentransfer auf Grund des Auftretens von freier DNA im Boden (H4) und Gewässersedimenten sowie im Darm von Pflanzenfressern oder phyto- bzw. polyphagen Wirbellosen. Dies kann insbesondere durch die Integration bakterieller und viraler Sequenzen im Pflanzengenomverstärkt werden (H6). 2.) die Verbreitung der Transgene über Pollen (H15, H39, H51) zur Einkreuzung in Saatgutproduktion, GV-Anbau, nGV-Anbau, Durchwuchs und Wildpopulationen (H16, H40, H52) sowie über Samen (H12) wobei es zu einer Akkumulation von Transgenen (H7, H20) und anderen Wechselwirkungen (H8) auf genetischer Ebene kommen kann. 3.) das der Kulturarten eigene oder transgenvermittelte Potenzial, auf Anbauflächen in der Samenbank zu persistieren (Durchwuchs H14, H61, H62), dauerhaft (H13, H60) oder zeitweilig zu verwildern (H52) bzw. in direkt verwandte Wildarten (H17, H53) bzw. über Brückenarten in die weitere Pflanzenfamilie (H18) einzukreuzen.	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>Belastung:</b> Verbreitung von GVO-Anbau Verbreitung von Transgenen und –kombinationen - in Kulturpflanzen - in Kreuzungspartnern - in Pollen - im Boden - in Gewässersedimenten - Wirbeltierkot, Kläranlagen <b>Status:</b> Verhalten (Verwilderung, Ausbreitung und Etablierung) der transgenen Kulturpflanze Verhalten (Etablierung und Ausbreitung) der Hybride

Schutz-ziele	Handlungs-bereich/ Para-metergruppe	Ursache-Wirkungs Hypothesen	HR-Raps	BT-Mais	VR-ZR.	KH-Kart.	Prüfpunkte
Nachhaltige Landwirtschaft, Biodiversität	Allgemein	Der Anbau transgener Kulturpflanzen kann die Anbaupraxis und Anbauschwerpunkte verändern und damit Auswirkungen auf die Biodiversität im Agrarraum bzw. in der Landschaft haben (H10, H11).	X	X	X	X	<b>Belastung:</b> Landschaftsstrukturelle Diversität Anbautechnik
	Erhaltung von Kulturarten	Verbreitung der Transgene über Pollen (H15, H39, H51) zur Einkreuzung in Saatgutproduktion (auch verwandte Kulturarten) im Zusammenhang mit einer Akkumulation von Transgenen (H7, H20, H40). Über Durchwuchs aus transgenen Vornutzungen oder über transgene Samen sowie technische Vermischung kann auch Kartoffel betroffen sein	X	X	X	X	Verbreitung von Transgenen und Transgenkombinationen im Saatgut
	Verlust von Kulturarten- und Sortenvielfalt	Durch die Etablierung transgener Kulturarten und Sorten kann sich die Vielfalt im Anbau befindlicher Kulturarten und Sorten verringern.	X	X	X	X	<b>Status:</b> Anzahl und Zusammensetzung verwendeter Kulturarten und Sorten
	Herbizidresistenz-technik	Im Rahmen des Anbaus von HR-Raps kann die transgene Eigenschaft verbreitet werden (H17), überdauern (H14) und zu einem Selektionsvorteil führen (H19), wodurch sich der Herbizidaufwand zunehmend erhöhen kann (H20, H21).  Herbizidanwendung kann zu einer Verringerung von Biodiversität in Agrarsystem und -raum führen (H22, H23, H24, H25, H26)	X				Zustand der Ackerbegleitflora, der Acker-randflora und der Diasporenbank Indirekte Wirkung auf Pollenfresser/ Blütenbesucher unter den Wirbellosen
	Terrestrische Wirbellosenfauna	Transgene Kulturpflanzen können  - durch veränderte (H63) oder (selektiv) toxische (H42, H43, H45) Inhaltstoffe, über direkte (H32) oder indirekte Wirkungen (H28, H29) von Herbizidanwendungen oder durch unvorhersehbare neue Eigenschaften (H2, H3) das Phytophagenspektrum verändern.  - über den verbreiteten (H39) Pollen mit(selektiv) toxischen (H42, H43, H45) Inhaltstoffen pollenfressende Wirbellose innerhalb und außerhalb des Anbaus schädigen (H45).  Veränderungen im Spektrum und der Abundanz von Phytophagen (H30, H46, H63) sowie direkte (H32, H45) oder indirekte (H44) transgen- oder biozidvermittelte toxische Wirkungen können sich auf Antagonisten sowie das Gefüge weiterer Nahrungsnetze (H9) auswirken.	X	X	X	X	Transgen- oder herbizidvermittelte Wirkung auf phytophage Zielarten an der Kulturart und
			X				an Beikräutern bzw.
				X			
Wirbeltierfauna	Reduktion der Ackerbegleitflora kann zu Bestandsveränderungen der körner- und pflanzenfressenden Wirbeltiere führen (H31)	X	X	X	X	Indirekte Wirkungen auf Antagonisten unter den Wirbellosen  Wirkung des durch Reduktion der Begleitflora reduzierten Samenangebot bzw. der durch Pflanzeninhaltsstoffe oder Herbizide veränderten Wirbellosenfauna auf Wirbeltiere (verschiedene Stufen der Nahrungskette)	
Boden-funktionen	Rückstandsanalysen	Durch HR-Technologie kann sich der Herbizidaufwand zunehmend erhöhen, mit toxischen Wirkungen auf die Bodenmikroflora und -fauna (H21, H24, H32, H33).  Das B.t.-Toxin kann im Boden persistieren, akkumulieren und biologisch wirksam bleiben (H47)	X	X			<b>Belastung:</b> Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden im Boden
	Erfassung der Bodenerosion	Die HR-Technik kann die Wirksamkeit von Faktoren ändern, die Erosion auf dem Acker beeinflussen (H35).	X				Wirkung der reduzierten Beikrautflora auf Bodenerosion

Schutz-ziele	Handlungsbereich/ Parametergruppe	Ursache-Wirkungs Hypothesen	HR-Raps	BT-Mais	VR-ZR.	KH-Kart.	Prüfpunkte
	Bodenphysikalische und –chemische Parameter	Durch direkte oder indirekte Wirkung von Herbizidanwendungen (H32, H33), transgenvermittelte toxische (H48), vorhersehbare (H63) oder unvorhersehbare (H2, H3) Veränderungen der pflanzlichen Nahrungsquellen (Inhaltsstoffe, Wurzelauausscheidungen, Menge o. ä.) können Artenzusammensetzung der Mikroorganismen und Wirbellosen im Boden direkt verändert werden.	X	X	X	X	<b>Status:</b> Indirekte Wirkungen bzw. Wirkung der HR-Strategie auf Bodenphysik und Chemie
	Bodenmikrobiologische Parameter	Mikroorganismen können mit Pflanzentransgenen auf genetischer Ebene in Wechselwirkung treten (H6), Transgene aufnehmen (H4) oder aufgenommene Transgene verändern und so ihr ökologisches Verhalten in unvorhersehbarer Weise ändern (H5), einen Konkurrenzvorteil erlangen (H38) oder pathogenes Potenzial (wieder)entwickeln (H4, siehe Hinweise zu säugerpathogener Intergrund von B.t. (B.t.-Mais).	X	X	X	X	Transgen- bzw. biozidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen oder durch veränderte genetische Ausstattung herbeigeführte Änderung von Zusammensetzung und Funktionen von Mikroorganismen
	Bodenzoologische Parameter	Die veränderte Artenzusammensetzung und Funktionen der Bodenmikroorganismen kann sich indirekt auf das weitere Gefüge des Nahrungsnetzes (Bodenzoologie H3, H5) und die Bodenfunktionen auswirken (H5, H34).	X	X	X	X	Transgen- bzw. Herbizidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen auf Zusammensetzung und Funktionen der Bodenfauna
Gewässer	Oberflächengewässer und Grundwasser	Im Rahmen der HR-Technologie kann sich der Herbizidaufwand zunehmend erhöhen (H21, H24, H32, H33), wobei die Herbizide (H36) in Gewässer ausgewaschen werden können.  Beim großflächigen Anbau von B.t.-Mais kann es zum Eintrag und Anreicherung von Toxinen in Gewässern kommen (H49). Herbizide bzw. Toxin können die im Wasser lebenden Organismen schädigen (H37, H50).	X	X			<b>Belastung:</b> Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern  <b>Status:</b> Wirkung von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern auf in Gewässern lebende Organismen
Pflanzenschutz	Phytopathogene Wirbellose	Kulturpflanzen (bzw. deren DNA) können transgenbedingt auf genetischer Ebene in Wechselwirkung mit Mikroorganismen und Viren treten (H6), wobei:  1.) Mikroorganismen Transgene aufnehmen (H3) und ihr ökologisches Verhalten in unvorhersehbarer Weise ändern können (H4).  In beikrautarmen Rapsfeldern fressen Phytophage vermehrt an der Kulturpflanze (H27).  Eine Reduzierung der Maiszünslerpopulationen kann zu Verschiebungen des Phytophagenspektrums im Maisfeld führen (Sekundärschädlinge, H41).  Veränderungen im Kohlenhydratspektrum der Kartoffeln können zu Verschiebungen im Phytophagen- und Phytopathogenspektrum führen (H63).	X	X		X	Befall der Kulturpflanze mit phytopathogenen Wirbellosen
	Virale Phytopathogene	2.) durch Rekombination können neue Viren mit unbekanntem Eigenschaften entstehen (H55, H56).  Bei einem Befall der Pflanzen mit anderen Viren als BNYVV kann es transgenbedingt zu Heteroinkapsidierung oder anderen Synergien kommen, die ein verändertes Verhalten von viralen Phytopathogenen nach sich ziehen (H57, H58).			X		Befall durch virale Phytopathogene und Befallsausprägungen an Kulturpflanze und Kreuzungspartnern

## **2.2 Weitere GVO-Monitoringkonzepte**

Für den Bezugsraum Deutschland gehen wir ergänzend auf zwei weitere GVO-Monitoringkonzepte ein: das der Bund/Länder-Arbeitsgruppe „Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen“ (B/L-AG 2003) sowie der BBA.

Das Konzept der B/L-AG folgt weitgehend dem Ansatz von Züghart & Breckling (2003). Die Handlungsbereiche und Prüfpunkte der Konzepte entsprechen sich, auch wenn das B/L-AG-Konzept diese teilweise allgemeiner fasst. Die Liste der vorgeschlagenen Untersuchungsparameter ist gegenüber Züghart & Breckling (2003) in einigen Bereichen reduziert.

Die seit 1999 bestehende Arbeitsgruppe „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem“ hat - unter Federführung der Biologischen Bundesanstalt (BBA) - im März 2000 ein Eckpunktepapier „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Kulturpflanzen – Erfassung und Auswirkungen auf das Agrarökosystem“ (BBA 2000) vorgestellt. Darin werden Parameter genannt, die im Rahmen eines anbaubegleitenden Monitoring der Wirkungen von GVO auf das Agrarökosystem erfasst werden sollen. Mögliche direkte und indirekte Wirkungen von 7 gentechnischen Veränderungen an den oben genannten vier Hauptkulturarten stehen im Vordergrund. Als direkte Wirkungen werden genannt:

1. der GVO kann verändert auf **Schaderreger** reagieren,
2. bei Schadorganismen können sich **Resistenzen** entwickeln,
3. der **Abbau von Pflanzenresten** im Boden kann sich verändern,
4. **Pflanzenschutzmittel** können verändert auf GVO wirken.

Zu den indirekten Wirkungen zählen mögliche Veränderungen des Anbauverfahrens. Der Fokus des Konzeptes liegt deutlich auf der Untersuchung von Eigenschaften der GVO in ihren Wirkungen auf die Anbaupraxis. Das Konzept deckt damit Teilaspekte einer Produktprüfung ab, geht aber nicht auf die komplexen Wirkungen von GVO auf Umwelt und Gesundheit ein.

## **2.3 Notwendigkeiten zur Erweiterung bestehender Konzepte bei neuen GVO?**

Ein GVO-Monitoring sollte im Vorgriff auf derzeit in Entwicklung befindliche GVO konzipiert werden, um bereits absehbare Risiken möglichst einzubeziehen. Deshalb gehen wir an dieser Stelle kurz auf den derzeitigen Stand der Entwicklung gentechnischer Veränderungen an weiteren Kulturarten ein und sprechen mögliche Wirkungsgefüge an.

Eine Übersicht über künftig zu erwartende GVO bietet der Anhang A, der umfassend das Spektrum an Kulturpflanzen und die Zeithorizonte ihres Inverkehrbringens aufführt.

Insgesamt werden weltweit derzeit an 41 einjährigen und 32 mehrjährigen Kulturarten gentechnische Veränderungen vorgenommen (Lheureux et al. 2003 und

<http://www.transgen.de>). Ziele sind eine noch effizientere Produktion und Züchtung, wobei den Pflanzen weitere Eigenschaften implementiert werden sollen. Standen bisher Herbizidresistenz, Insektengiftigkeit, Virusresistenz und männliche Sterilität im Vordergrund, so zielen die neueren Eingriffe in das Erbgut auf höhere Erträge, veränderte Morphologie und Reifeprozesse, Pilzresistenz und Resistenz gegen abiotischen Stress. Ein weiterer wichtiger Zielbereich neuer GVO sind veränderte Pflanzeninhaltsstoffe wie Fette, Lignin, Stärke, Proteine und andere Inhaltsstoffe, die den Wert der Kulturarten als Lebensmittel steigern sollen. Seit kurzem befindet sich mit einem Antrag für eine gentechnisch veränderte Nelkenart erstmals eine ausdauernde Pflanzenart im Genehmigungsprozess, auch wenn sich diese Genehmigung nicht auf den Anbau derselben bezieht. Den derzeitigen Stand der Antragstellung für GVO bei der EU zeigt Tab. 3.

**Tab. 3: Derzeit als Anträge bei der EU vorliegende GVO**

Kulturart	Herbizidresistenz	Insektengiftigkeit (B.t.)	männl. Sterilität	kohlen- hydratmodifiziert	modifizierte Blütenfarbe
Baumwolle	●	●			
Kartoffel				●	
Mais	●	●			
Nelke	●				●
Raps	●		●		
Reis	●				
Zuckerrübe	●				

Die GVO und übertragene Eigenschaften, die für die nächsten 5, 6-10 und nach 10 Jahren zu erwarten sind, werden im Anhang aufgelistet (Lheureux et al. 2003).

Bereits absehbare Wirkungen eröffnen sich durch die neu entwickelten GVO in folgenden zwei Bereichen:

1. Erhöhtes **Ausbreitungs- und Verwilderungspotenzial** aufgrund veränderter ökologischer Eigenschaften wie veränderte Konkurrenzkraft z.B. durch erhöhte Salz- oder Kältetoleranz,
2. **Nahrungsnetzeffekte**, indem z.B. bei erhöhten Proteingehalten das Spektrum phytophager Organismen erheblich verändert werden kann - mit unterschiedlichsten Folgen. Diese können von direkten Verschiebungen in den Nahrungsnetzen bis zur Notwendigkeit erhöhter oder veränderter Insektizid- / Fungizidapplikationen reichen.

Die hier skizzierten Wirkungsgefüge decken sich mit denen der hier behandelten vier Kultursorten. Die zu erwartenden GVO weisen also keine grundsätzlich neuen Risiken auf. Allerdings ist zu erwarten, dass sich Reichweite und Intensität möglicher Effekte wie Invasivität vergrößern. Auch die Betroffenheit der unmittelbaren Umgebung des Anbaus (z.B. der Nahrungsnetze) kann verstärkt werden. Statistisch wird sich durch das Inverkehrbringen weiterer GVO die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass mögliche schädliche Kombinationswirkungen eintreten, z.B. in Folge der entsprechend zunehmenden Ereignisse von horizontalem Gentransfer oder von Auskreuzung. Weiterhin steigt mit zunehmender Anzahl von Zulassungen für eine Kulturart die Möglichkeit der Bildung verschiedenster Transgenkombinationen und damit die Wahrscheinlichkeit für pleiotrope und Positions-Effekte in den entsprechenden Pflanzen. Damit erhöht sich grundsätzlich das Gefährdungspotenzial für die Biodiversität.

### **3 Biodiversitätsmonitoring**

Im Folgenden stellen wir die Aufgaben, Ziele und Notwendigkeiten eines Biodiversitätsmonitoring in den Mittelpunkt. Dabei gehen wir genauer auf die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS) ein, die als Biodiversitätsmonitoring für Deutschland konzipiert wurde. Wir resumieren kurz dessen Konzeption, die einbezogenen Indikatorgruppen und das Probenahmedesign und stellen die Bezüge zu einem GVO-Monitoring her. Für die ÖFS werden der bisherige Umsetzungsstand und einige Anwendungsbeispiele genannt und ein kurzer Seitenblick auf das Biodiversitätsmonitoring in Großbritannien und der Schweiz gewährt.

#### **3.1 Biodiversitätsmonitoring - eine dringliche Aufgabe**

Experten schätzen, dass pro Tag 70 bis 300 Tier- bzw. Pflanzenarten auf der Erde aussterben und in den nächsten 50 Jahren 10 bis 50 % aller Arten von der Erde verschwunden sein werden (Wilson 1992). Diese global schrumpfende Biodiversität war u.a. Thema der Welt-Umweltkonferenz in Rio de Janeiro 1992, auf der die „Konvention über die biologische Vielfalt“ verabschiedet wurde und die bis zum Jahre 2000 von 177 Staaten ratifiziert worden ist. Darin werden die Vertragsparteien aufgefordert, die als wichtig erkannten Bestandteile der biologischen Vielfalt einer systematischen Überwachung (Monitoring) zu unterziehen. Die Rio-Konvention sieht weiterhin vor, zu untersuchen, welche Vorgänge oder Aktivitäten erhebliche nachteilige Folgen für die biologische Vielfalt haben.

Allerdings bildet die Rio-Konvention nur einen Rahmen, dessen Ausgestaltung die Aufgabe der einzelnen Nationen bleibt. Zudem enthält sie keine verbindliche Liste von Arten oder Lebensräumen, die besonderen Schutzmaßnahmen unterliegen sollen. Um dem Schutzziel „Erhalt der Biodiversität“ gerecht zu werden, wurde die Entwicklung eines Indikatorensystems empfohlen, mit dessen Hilfe sich Biodiversität analysieren lässt und das zugleich die

wichtigsten Veränderungsursachen aufzeigen soll. Zwar lässt sich dabei auf viele bereits häufig verwendete Indikatoren zurückgreifen wie z.B. Flächenangaben zu bestimmten Biotoptypen, chemische Parameter oder Bestandszahlen einzelner Arten, doch für die komplexen Aspekte eines Biodiversitätsmonitoring, das in ein Konzept der Ökosystem-Integrität eingebettet ist, sind geeignete Indikatorensets derzeit noch in Entwicklung.

### **3.2 Biodiversitätsmonitoring als Teil eines integrierten Ökosystemschatzes**

Natur stellt als biotische Ressource ein Vermögen oder Kapital dar, in dem sie z.B. Nahrung, Rohstoffe oder Energie transformiert bzw. zur Verfügung stellt. Dabei setzt sich zunehmend die Einsicht durch, dass die Vielfalt des Lebens dazugehört, nutzbar als potenzielle Ressource oder als nicht direkt ökonomisch nutzbarer Wert. Derzeit erfolgt jedoch eine Integration von Natur in ökonomische Gesamtrechnungen erst in Ansätzen. Zu diesen gehört auch der Ansatz, über ein Biodiversitätsmonitoring die Qualität dieses Naturvermögens zu bestimmen (Hoffmann-Kroll et al. 1995, 1997, 1998).

Die Forschung zur biologischen Vielfalt (Biodiversität) beschreibt, misst und analysiert die Mannigfaltigkeit des Lebens auf der Erde und bringt dabei eine Vielzahl von biologischen Disziplinen zusammen wie z.B. Evolutions- und Populationsbiologie, Taxonomie, Ökologie und Genetik (Heywood & Watson 1995). Ein Monitoring zur Biodiversität setzt sich zur Aufgabe, die Wahrung des übergeordneten Schutzziels „Erhalt der Biodiversität“ zu überwachen. Allerdings muss ein solches generelles Schutzziel je nach Region, Lebensraumtyp und einwirkenden Nutzungsweisen differenziert werden. Dazu müssen Umweltqualitäts- bzw. Handlungsziele formuliert werden, die konkrete Standards beinhalten - ein konzeptioneller Prozess, der derzeit noch in Entwicklung ist. Die Vertragsstaatenkonferenz zur Umsetzung der Biodiversitätskonvention hat vorläufige Leitlinien für die Einbeziehung von Aspekten der Biodiversität in das Verfahren einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) entwickelt (COP Decision VII/7, s. <http://www.biodiv.org/>). Danach kann sich die Überprüfung der Auswirkungen menschlicher Nutzungen auf mehrere Komponenten der Biodiversität erstrecken: auf die genetische Vielfalt, die Artenvielfalt und die Ökosystemvielfalt, die jeweils nach ihren zeitlichen und räumlichen Strukturen und Schlüsselprozessen beobachtet werden. Insgesamt zeichnet sich das Bestreben ab, den Ökosystem-Ansatz weiterzuentwickeln, zu konkretisieren und umzusetzen (COP 7 Decision VII/11), wobei das Beziehungsgefüge von ökologischen Prozessen und Wechselwirkungen (oft als Funktionen bezeichnet) mit berücksichtigt werden soll.

In ein solches Konzept von Ökosystem-Integrität (vgl. Dierssen & Hoffmann-Müller 2004) und eines daraus abgeleiteten Ökosystemschatzes lässt sich der am Artenschutz orientierte Naturschutz einbetten, so dass es zu einer Integration mit dem Umwelt- und Ressourcenschutz kommt. Der Schutz und die Dynamik des gesamten Ökosystems stehen im Vorder-

grund, wobei die Funktionen der Ökosysteme wie Wasser-, Stoff- und Energiehaushalt die strukturellen Bestandteile der Ökosysteme miteinander verknüpfen (UBA 2000). Legt man diesen umfassenden Ansatz zugrunde, so müssen Leitbilder und Umweltqualitätsziele nicht nur für Biota, sondern auch für die medialen Bereiche Klima, Luft, Wasser und Boden definiert werden – eine Aufgabe, die noch erfüllt werden muss.

### **3.3 Konzeption der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) als Biodiversitätsmonitoring für Deutschland**

Das globale Schutzziel „Erhalt der Biodiversität“ muss auf einzelne Länder heruntergebrochen und in Teilzielen spezifiziert werden. Bereits mehrere Länder in Europa haben Biodiversitätsmonitoring-Konzepte entwickelt und sie bereits in die Praxis umgesetzt (s. Kap. 3.4). Für Deutschland existiert bisher noch kein umfassendes Biodiversitätsmonitoring. Es wurden jedoch bereits Teilkonzepte erarbeitet. Zu diesen gehört die Ökologische Flächenstichprobe (ÖFS), die konzeptionell weitgehend ausgereift ist und bereits exemplarisch getestet wurde. Ziel der ÖFS ist es, die Strukturen von Landschaftsausschnitten, Ökosystemen und darin lebender Tier- und Pflanzenarten (als Indikatoren für Umweltzustände, vgl. Kap. 1.5) zu überwachen. Mit diesen Aufgaben kann die ÖFS eine entscheidende Schnittstelle bilden zwischen einem noch zu konzipierenden Monitoring der Ökosystem-Funktionen und den schon bestehenden medialen Messnetzen, die der stofflichen Überwachung dienen.

Die ÖFS ist so konzipiert, dass sie weniger auf Seltenheiten als auf die dominierenden Strukturen und Arteninventaren in Ökosystemen fokussiert ist. Bisher gilt das primäre Augenmerk von Biodiversität in Deutschland vor allem den geschützten Biotopen bzw. seltenen Arten in Schutzgebieten. Für die Normallandschaft, die für die Funktionsfähigkeit der gesamten Ökosysteme entscheidend ist, wurden bisher keine repräsentativen Beobachtungsnetze zur Biotik installiert. Vielmehr sind für Natur und Landschaft in Deutschland bisher nur regionale und selektive Messnetze mit unabgestimmten Methoden und Erhebungsmerkmalen eingerichtet (Dierssen & Hoffmann-Müller 2004). Entscheidende Ökosystem-Funktionen werden jedoch nicht von seltenen Arten, sondern den häufigen bzw. mäßig häufigen Arten übernommen - also Arten, die in der Normallandschaft leben. Sie macht etwa 90% der Fläche der Bundesrepublik aus (Dröschmeister 2001) und besteht vor allem aus landwirtschaftlich genutztem Offenland und Waldgebieten.

In der Normallandschaft finden die relevanten Prozesse statt, die Ökosystemstrukturen und demzufolge Ökosystemfunktionen verändern: Hier werden Lebensräume mit hoher Biomasseproduktion (wie Wälder oder Grünland) verbraucht oder zerschnitten, hier werden Selbstreinigungskräfte durch Entwässerungen, menschliche Siedlungen oder Gewerbe eingeschränkt. In der Normallandschaft finden auch die entscheidenden Belastungen statt wie z.B. Nährstoffzufuhr infolge landwirtschaftlicher Nutzung. Auch neuartig auftretende Prozesse -

wie Arealerweiterungen von Arten infolge globaler Klimaveränderungen oder das Vordringen von Neophyten und Neozoen (Sukopp & Trepl 1987) - spielen sich überwiegend in der Normallandschaft ab bzw. strahlen von hier in Schutzgebiete aus. Der kommerzielle Anbau von GVO schließlich wird innerhalb dieser Normallandschaft stattfinden.

### 3.3.1 Ziele und Aufgaben der ÖFS

Das Konzept der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS) setzt sich zum Ziel, die bestehenden Datenlücken zur Normallandschaft zu schließen. Sie soll vor allem dazu dienen, flächendeckende, bundesweit aussagekräftige und repräsentative Daten über die Veränderungen häufiger und verbreiteter Biotoptypen und Arten zu erheben (Dröschmeister 2001). Zugleich ist sie geeignet, Daten in die Berechnung des Naturvermögens einfließen zu lassen (Hoffmann-Kroll et al. 1997).

Die ÖFS wurde als neues Beobachtungsinstrument des Naturschutzmonitoring in Zusammenarbeit von Statistischem Bundesamt mit dem Bundesamt für Naturschutz konzipiert. Eine praktische Erprobung von Teilkomponenten erfolgte 1990 in den Bundesländern Brandenburg, Berlin und Thüringen (Statistisches Bundesamt 1998). Umgesetzt wird die ÖFS bis heute nur im Bundesland Nordrhein-Westfalen (König 1999, LÖBF 2004) bzw. in 2004 deutschlandweit für Brutvögel (Dröschmeister, mdl. 2005).

Die ÖFS soll vor allem drei Belastungsformen ermitteln, die auf Ökosysteme wirken:

1. **Zerstörung** von Biotopen, z.B. durch Grünlandumbruch, Erschließung von Industrie- oder Gewerbegebieten oder Maßnahmen des Wasserbaus. Die damit verbundenen Belastungen spiegeln sich in Flächenbilanzen und qualitativ wie der Zu- und Abnahme von Arten und Populationen wieder.
2. **Zerschneidung** von Biotopen durch Verkehrswege oder landwirtschaftliche Nutzungen, z.B. durch Intensivackerbau zwischen extensiv genutzten Grünlandflächen. Die damit verbundenen Belastungen wirken sich über Verinselungen von Biotopen z.B. auch auf die genetische Diversität aus.
3. **Qualitative Belastungen** z.B. durch Nutzungsintensivierung in Land- und Forstwirtschaft. Davon sind Strukturen wie das Relief ebenso betroffen wie der Nährstoff-Haushalt.

Damit kommen der ÖFS mehrere Aufgabenbereiche zu (vgl. Dröschmeister 2001):

1. Überprüfung der **Effektivität von Naturschutzinstrumenten**, Belastungen der (nicht geschützten) Normallandschaft zu verringern oder zu verhindern,
2. Beurteilung des **Erhaltungszustands** bereits geschützter (bzw. zu schützender) Gebiete, z.B. von Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie, die in Deutschland relativ weit verbreitet sind, (vgl. Kap. 5.6.),

3. Überprüfung der Auswirkung von bestehenden **Nutzungen** oder **Nutzungsveränderungen** auf die Normallandschaft, z.B. infolge politischer Steuerungen wie z.B. Förder- und Stilllegungsprogramme in der Landwirtschaft oder neue Straßenbauprojekte,
4. Fortschreibung der **Roten Liste Biotoptypen** für Deutschland (Riecken et al. 2000), indem die ÖFS erstmals quantitative Daten zur Veränderung von Flächen und Qualitäten bestimmter Biotoptypen liefert.
5. Verbesserung der Datengrundlagen für die **Roten Listen von Tier- und Pflanzenarten**.
6. Beitrag zu bundesweiten und internationalen **Indikatorensystemen** im Rahmen des Biodiversitätsmonitoring (vgl. Kap. 3.2).

### 3.3.2 Bestandteile der ÖFS

Die ÖFS arbeitet auf zwei Ebenen, die im Folgenden näher dargestellt werden.

Ebene I: Landschaften und Biotoptypen, deren Größe, Verteilung, Strukturierung und Qualität ermittelt werden.

Ebene II: Qualität der Biotope, ihre Artenvielfalt und Artenausstattung.

Für beide Ebenen ist ein Wiederholungsintervall von fünf Jahren vorgesehen. Aus Gründen der organisatorischen Abwicklung wird es wahrscheinlich nicht zu einer synchronen Erhebung der Daten in Ebene I und II kommen (Benzler mdl., 2004).

#### 3.3.2.1 Ebene I

Die ÖFS stellt den Anspruch, Informationen aus einem Netz von Stichproben auf die Gesamtfläche Deutschlands hochrechnen zu können. Dazu werden aus zwei Datenschichten Stichprobenflächen gezogen, die im Zufallsverfahren über die Gesamtfläche Deutschlands verteilt sind. Für die Ziehung der Stichprobenflächen wurden folgende Flächengliederungen miteinander verschnitten:

1. **Standorttypen**. Aus abiotischen Informationen (orographische Höhen, Bodentypen, Temperaturen, Sonnenscheindauern und Niederschlägen) wurden 20 (langfristig stabile) Typen gebildet (wie z.B. drei Typen kontinentalen Tieflands oder fünf Typen östlichen Mittelgebirges), die zu sechs Landschaftstypen aggregiert werden können.
2. **Bodenbedeckungstypen**. Als Grundlage dienen ATKIS-Daten (Amtliches Kartographisches Informationssystem), denen ein Digitales Landschaftsmodell im Maßstab 1: 25.000 zugrunde liegt. Daraus wurden sechs Bodenbedeckungstypen gebildet, in denen Ackerland einen eigenen Typus bildet.

Um aus diesen beiden Schichten statistisch aussagekräftige Daten zu erhalten, wurde ein flächenproportionales Auswahlverfahren gewählt (Details s. Mitschke et al. 2005). Der ur-

sprüngliche Ansatz der ÖFS, der 800 Stichproben vorsah, wurde auf 1.000 Stichproben erweitert (Mitschke et al. 2005). Diese Anzahl ist notwendig, um Hochrechnungen auf die Gesamtfläche Deutschlands durchführen zu können. Bundeslandintern wird eine Verdichtung des Stichprobennetzes auf 2.637 Stichproben empfohlen (Mitschke et al. 2005). Für den Fall, dass sich während der Umsetzung von Ebene I Flächen als nicht begehbar herausstellen sollten, wurden für jede Stichprobefläche drei Ersatzflächen in der Nachbarschaft ermittelt.

Nach der Festlegung der Stichprobenflächen zielen die nächsten Arbeitsgänge in Ebene I auf die Erstellung digitaler Biotopkarten, die Aussagen zur Quantität und Qualität der Biotope liefern sollen. Diese geschieht in drei Arbeitsschritten:

1. **Erfassung der exakten Geometrien der Biotope** mittels Color Infrarot Luftbildern (CIR) und anderer kartographischer Grundlagen. Die Biotope werden in digitalen Karten dargestellt.
2. **Korrektur und Verfeinerung der Biotopkarten durch Geländearbeiten.** Vor Ort werden den Biotoptypen zusätzlich Qualitätsmerkmale zugeordnet. Außerdem werden lineare Elemente, vor allem Säume, ergänzend in gesonderte Erfassungsbögen eingetragen, die für jeden Biotoptyp angelegt werden.
3. **Verknüpfung der Biotoptypen mit weiteren Merkmalen**, die während der Geländearbeiten erhoben wurden und in einer Datenbank abgelegt sind.

Eine Vorlaufstudie zur ÖFS (Luftbild Brandenburg 2000) ergab, dass sich viele vegetationsbedeckte Biotoptypen mit Fernerkundungsdaten wie CIR allein nicht sicher differenzieren lassen. Deshalb ist - beim derzeitigen Stand der Satellitenbildtechnik - eine Ansprache der Biotoptypen durch ExpertInnen im Gelände unumgänglich.

### 3.3.2.2 Ebene II

Bevor Flächenverluste bzw. Qualitätsveränderungen eintreten, die auf Ebene I der ÖFS erkennbar sind, können bereits Tier- und Pflanzenarten in zahlreichen Biotoptypen eine Belastungssituation, z.B. in Form von Nutzungsintensivierungen oder Schadstoff-Einträgen, als Zustandsindikatoren anzeigen. Solche Belastungen lassen sich mittels Messgrößen wie z.B. der Artenzusammensetzung, den Zeigerwertspektren von Pflanzen oder dem Verhältnis steinöcker zu euryöken Arten feststellen (Dröschmeister 2001). Die Ebene II der ÖFS deckt im Wesentlichen drei Aussagebereiche ab:

1. Organismen beschreiben den Zustand von Biotopen hinsichtlich ihrer **Qualitäten**.
2. Die **Diversität** von Tier- und Pflanzenarten ist eine Messgröße, die den synoptischen Zustand von Landschaftsausschnitten der Stichprobenflächen darstellen kann.

3. Tierarten, die mehrere Biotoptypen zugleich nutzen bzw., die hohe Ansprüche an die Flächengröße ihrer Habitate stellen, dienen als Indikatoren, um Belastungen des **funktionalen Beziehungsnetzes** in der Landschaft erkennen zu lassen.

Methodisch wird in Ebene II eine Unterstichprobe aus Ebene I gezogen. Dabei werden entweder bestimmte Biotoptypen aggregiert oder nur ein bestimmter Biotoptyp ausgewählt. Nur bei bestimmten Indikatorgruppen (Avifauna und Tagfalter) wird ein ganzes Spektrum von Biotoptypen erfasst. Bei der Auswahl der Unterstichprobe sollte auf die Aussagekraft hinsichtlich der Intensitätsgrade der Nutzung sowie die Erkennbarkeit gegenwärtiger und zukünftiger Veränderungstendenzen geachtet werden (Dröschmeister 2001).

### **Flora**

Zur Erfassung der Flora werden zwei Probeflächengrößen gewählt: im Offenland 20 m<sup>2</sup> und in Waldflächen 400 m<sup>2</sup>. Innerhalb dieser Probeflächen werden sämtliche Blütenpflanzenarten, ihre Deckung und ihre Schichtung aufgenommen. Über die Zahl der zu bearbeitenden Unterstichproben und der Biotoptypen besteht bisher noch keine Einigkeit. Die Anforderungen, die an den Stichprobenumfang gestellt werden, sind (Statistisches Bundesamt und Bundesamt für Naturschutz 2000):

- Jede Stichprobeneinheit ist mit Aufnahmeflächen zur Flora zu belegen.
- Jeder in einer Stichprobeneinheit erfasste Biotoptyp bzw. Biotoptypengruppe sollte möglichst in dieser mit zumindest einem Plot erfasst sein.
- Pro Bezugseinheit sollten 30 Plots als Mindestanzahl an Aufnahmen festgelegt werden.

Fasst man Biotoptypen zu Gruppen zusammen, ergibt sich (beim inzwischen veralteten Ansatz mit 800 Stichprobenflächen) eine Gesamtzahl von 12.510 plots, bei einzelnen Biotoptypen sogar 22.080 plots - eine Zahl, die sich durch die neue Berechnung mit 1.000 Stichprobenflächen aber grundsätzlich nicht erhöht.

Durch ihre geringe Mobilität - verglichen mit Tieren - können Pflanzen eine Vielzahl vor Ort wirksamer Umweltfaktoren integrierend anzeigen. Mit Hilfe des Zeigerwertsystems von Ellenberg (1992) lassen sich z.B. Licht-, Nässe- oder Nährstoffverhältnisse eines Standorts differenziert beurteilen. Die Daten zur Deckung und Schichtung erlauben zusätzliche Aussagen zur kleinräumigen Strukturierung der Flächen.

### **Fauna**

Faunistische Indikatoren sollen Aussagen ergeben, die weder durch Ebene I noch durch die Flora hinreichend abgedeckt werden können, wie z.B. (Dröschmeister 2001):

1. Störungen, vor allem durch hohe Bewirtschaftungsintensität,
2. Isolation von Populationen,
3. Veränderungen in vegetationsfreien bzw. -armen Biotopen,

4. Veränderungen in Lebensraum-Mosaiken,
5. Gesamtbelastung von Ökosystemen, z.B. durch Beurteilung der Gewässergüte anhand limnischer Tiergruppen.

Angesichts der hohen zu erwartenden Kosten für die faunistischen Erhebungen ist die Erfassung in einem Stufenplan vorgesehen (s. Tab. 4).

**Tab. 4: Faunistische Indikatoren der Ebene II der ÖFS**

Prioritätsstufe	Artengruppe	Erfassungsmethode
I	Brutvögel Heuschrecken Laufkäfer (Waldbiotope)	Revierkartierung 1 km <sup>2</sup> 2 Transekte von je 20 m Länge und 2 m Breite 6 Bodenfallen je Transekt
II	Laufkäfer (Offenlandbiotope) Tagfalter Süßwassermollusken Totholzkäfer	6 Bodenfallen je Transekt 1 Transekt von 50 m x 4 m Aufsammlungen auf 1 m <sup>2</sup> Kombinierte Fenster-Malaise-Falle
III	Libellen Amphibien Landschnecken	1 Transekt von 50 m x 4 m 1 Transekt von 50 m x 3 m Siebanalyse auf 0.25 m <sup>2</sup>

### 3.3.3 Problembereiche und Prüfpunkte im Rahmen der ÖFS

Anhand des großen Spektrums an Prüfpunkten, die in der ÖFS vorgesehen sind, ergibt sich für ein GVO-Monitoring die Möglichkeit, Veränderungen in Landschaft, Biototypen (Ebene I) sowie anhand von organismischen Indikatoren (Ebene II) nachzuweisen.

Das übergeordnete Schutzziel der ÖFS ist die „Erhaltung der Biodiversität“, demgegenüber andere Schutzziele (wie in Kap.3 genannt) untergeordnet bleiben. Dieses Schutzziel ist durch eine Vielzahl von Problembereichen gefährdet wie z.B. die Belastung von Ökosystemen mit Nährstoffen, Entwässerungen oder mechanische Störungen in Landwirtschaftsflächen. Für diese Bereiche wurden in der ÖFS bereits geeignete Parameter genannt (Dröschmeister 2001) wie zum Beispiel Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung oder der Artenzahl von bodenbrütenden Vögeln. Zahlreiche Parameter, die im Rahmen der ÖFS erhoben werden sollen (wie z.B. Lebensformtypen, Strategietypen oder Nahrungsgilden) eignen sich, mehrere dieser Problembereiche zugleich zu indizieren. So lässt sich z.B. anhand von Strategietypen innerhalb der Blütenpflanzen die Nutzungsintensität (i.S.v. Störungen), die Belastung mit Nährstoffen oder die Isolation von Flächen in der Landschaft beurteilen. Diese mehrfache Verwendbarkeit der Parameter in der ÖFS bildet zugleich eine Schnittstelle für ihre Brauchbarkeit im Rahmen eines GVO-Monitoring.

### 3.3.4 Umsetzungsstand der ÖFS

Aufgrund der Kosten für die vollständige Durchführung der ÖFS existieren derzeit zwei Varianten zur Umsetzung:

1. **Basisvariante** mit Ebene I und den Indikatoren Blütenpflanzen und Vögel der Ebene II.
2. **Optimalvariante** mit Ebene I und allen in Tab. 4 genannten Indikatoren der Ebene II (d.h. den Prioritätsstufen 1 bis 3 bei der Fauna).

Da bisher eine Umsetzung der Ebene I noch aussteht, kann die genaue Biotopausstattung in den zufällig gewählten Stichprobenflächen nicht bestimmt werden. Deshalb beruhen Flächenangaben für Biotoptypen bisher nur auf Schätzungen. Nach Back et al. (1996) liegt in den ursprünglich 800 Stichprobenflächen der Biotoptyp Ackerland zu 80 % (= 640 Flächen) vor. Über einen Abgleich der 1.000 gezogenen Stichprobenflächen (Mitschke et al. 2005) mit Kartenwerk zur Landnutzung (Corine Land Cover) fanden Hintermann & Weber (2004), dass in 735 Stichprobenquadraten Ackerflächen vorliegen. 394 Stichprobenquadrate wiesen eine Bedeckung mit Ackerflächen von mehr als 30% auf.

Um Aufwand und Kosten für die Ebene I der ÖFS abschätzen zu können, fand in Baden-Württemberg ein Praxistest statt (AAÖ 2003), bei dem 15 Stichprobeneinheiten im Offenland per Color-Infrarot-Bildflug Ende Mai 2002 untersucht wurden. Die Ergebnisse dieses Projekts fließen in die Kostenkalkulation für unser Konzept ein (s. Kap. 6).

Da noch keine bundesweite Umsetzung der ÖFS stattgefunden hat, enthält das Konzept bisher einige Unwägbarkeiten: Die Anzahl der Wiederholungsflächen innerhalb eines Biotoptyps wurde für die Flora auf 30 festgelegt. Da allerdings bisher keine Angaben zur Variabilität der Daten gemacht werden können, ist diese Zahl vorläufig und muss ggf. modifiziert werden (Statistisches Bundesamt & Bundesamt für Naturschutz 2000).

Bei der Umsetzung der ÖFS ist zu prüfen, ob die konsequente Anwendung des Zufallsverfahrens zu verlässlichen Hochrechnungen führt. Die ÖFS dient grundsätzlich dazu, bundesweite Werte (oder Werte für einen größeren Aussageraum) zu schätzen (per mathematischer Hochrechnung und nicht per Interpolation oder per Übertragung auf benachbarte oder „ähnliche“ Räume). So kann z.B. aus der Heckenlänge in insgesamt 1.000 Stichprobenflächen die Gesamtheckenlänge in Deutschland hochgerechnet werden, oder es kann aus der Zählung der Vogelarten in den Quadratkilometern der gesamtdeutsche Mittelwert für die „Anzahl der Vogelarten pro Quadratkilometer“ geschätzt werden. Nicht legitim wäre es dagegen, etwa die Gesamtartenzahl der Vögel in Deutschland aus den Stichproben zu berechnen.

### **3.3.5 Anwendungsbeispiele für die ÖFS**

Zwar wurden bisher weder Ebene I noch Ebene II der ÖFS bundesweit umgesetzt, für Blütenpflanzen und Brutvögel liegen jedoch bereits auf Bundesland-Ebene Ergebnisse vor, die sich konzeptionell auf die ÖFS beziehen.

Eine Pilotstudie aus Berlin, Brandenburg und Thüringen (s. Dröschmeister 2001) ermittelte für Blütenpflanzen in den Biotoptypen Intensivgrünland und angrenzendem Saum jeweils

Artenzahlen, Stickstoff- und Magerkeitszeiger. Die Messwerte zu diesen Parametern zeigten nur geringe Unterschiede zwischen beiden Biotoptypen und damit die hohe Belastungssituation mit Nährstoffen in Säumen, die damit für Pflanzenarten in einer Intensivlandschaft keine Rückzugsfunktion mehr übernehmen. Ein generell hohes Nährstoffniveau von Säumen zeigte auch das landesweite Landschaftsmonitoring in Nordrhein-Westfalen auf der Basis der ÖFS (König 2003).

Daten zur Avifauna wurden in einem landesweiten Landschaftsmonitoring in Nordrhein-Westfalen erhoben, das seit 1997 auf der Grundlage der ÖFS durchgeführt wird (König 1999). Die Erfassungen erfolgten mit Hilfe der Revierkartierung (Bibby et al. 1995) in 1 km<sup>2</sup> (= 100 ha). Einige Ergebnisse zeigen Zusammenhänge zwischen dem Zustand von Landschaften und Mustern, die sich in Ebene II abspielen. Sie demonstrieren zudem, dass die ÖFS die Datenqualität erheblich verbessern kann und anregend auf die wissenschaftliche Forschung wirkt (König 2003):

1. **Flächengröße und Habitatqualität.** Hinsichtlich der Flächengröße von Acker- und Grünlandschlägen traten Unterschiede im Besiedlungsmuster von Vögeln auf. Kleine Flächen sind z.B. für die Feldlerche (*Alauda arvensis*) bedeutsam.
2. **Bedeutung linearer Elemente in der Landschaft.** Wirtschaftswege, die wenig frequentiert und lückig mit Vegetation bestanden sind, können wertvolle Biotope für Insekten, z.B. Sandlaufkäfer (*Cicindela* spp.) darstellen.
3. **Bedeutung von Ackerflächen für bedrohte Arten.** In den Jahren 1997-99 brüteten mehr als 82% des Kiebitz (*Vanellus vanellus*) in Äckern, wobei besonders Maisäcker eine große Rolle spielten.
4. **Korrektur bisheriger Schätzungen.** Das Monitoring zeigte teils nur geringe Übereinstimmungen der Vogelbrutbestände mit anderen Schätzungen aus Nordrhein-Westfalen. Die Zahlen aus dem Monitoring waren weit höher, da weit mehr Arten in der Normallandschaft brüten als angenommen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, Veränderungen in Schutzgebieten zu denen in der Normallandschaft in Beziehung zu setzen.
5. **Neue Einsichten über Schlüsselfaktoren für Arten.** Bei der Brutvogelerfassung erwies sich die Qualität der Nahrungshabitate als besonders wichtig und übertraf teilweise die Bedeutung von Strukturen für die Habitatqualität. So ging z.B. der Neuntöter (*Lanius collurio*) trotz hoher Präsenz von Sträuchern zurück, da infolge der Intensivnutzung der Landschaft Großinsekten fehlten (König 1999).

Die indikatorische Funktion von Vögeln wurde besonders bei der Transformation von Artenlisten in funktionelle Gruppen deutlich. Die Gilde der „Magergraslandnutzer“, d.h. von Arten, die wenig gedüngtes Grünland besiedelt, zeigte z.B. die Nutzungsintensität in der Landschaft besonders gut an (König 1999).

### **3.4 Biodiversitätsmonitoring in anderen Ländern**

In mehreren Ländern sind bereits Biodiversitätsmonitoring-Programme etabliert, z.B. in Schweden, den Niederlanden oder den Vereinigten Staaten. Einige konzeptionelle Aspekte der Programme aus Großbritannien und der Schweiz werden im Folgenden exemplarisch herausgegriffen und Ergebnisse schlaglichtartig dargestellt.

#### **3.4.1 CountrySide Survey in Großbritannien**

Das Konzept der ÖFS stützt sich in wesentlichen Punkten auf den CountrySide Survey in Großbritannien, der bereits seit 1978 läuft. Dieses britische Biodiversitätsmonitoring fußt wie die ÖFS auf Zufallsstichproben von je 1 km<sup>2</sup> Größe, die über das gesamte Land verteilt sind und unterscheidet ebenfalls nach Ebene I (Landschafts- und Biotoperfassung) und Ebene II (ausgewählte Indikatorarten). Die Geländearbeiten finden in sieben thematischen Modulen statt, zu denen z.B. Süßwasserlebensräume, Schlüsselhabitats der Agrarlandschaft oder die Bodenqualität gehören.

Die ersten Aufnahmen seit 1978 wurden durch Erhebungen in 1984, 1990 und 1998/99 ergänzt, so dass bis heute eine Zeitreihe von mehr als 20 Jahren vorliegt. In den Berichten des CountrySide Survey von 2000 werden die umfangreichen Erhebungen zur Fauna der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Anhand von 139 häufigeren Brutvogelarten zeigte sich z.B., dass besonders die Offenlandarten von Anfang der 1970er Jahre bis 1996 stark zurückgingen (DoE 1998). Beim Süßwasser-Monitoring geben Makro-Invertebraten („Würmer“, Schnecken, Krebse, Stein- und Eintagsfliegen und andere Insekten) Auskunft über die biologische Qualität. Von 1990 bis 1998 trat eine generelle Verbesserung der biologischen Situation in allen sechs untersuchten Gewässerzonen ein - indiziert durch einen Anstieg der Biodiversität (Zunahme des Taxa-Reichtums von  $\bar{x}$  16.5 Taxa in 1990 auf  $\bar{x}$  24.3 Taxa in 1998). Allerdings konnten im Rahmen dieses Monitorings Ursache-Wirkungsbeziehungen nicht hinreichend geklärt werden. Als Ursachen für die verbesserte Qualität der Gewässer bieten sich vielmehr erst Anhaltspunkte an wie z.B. Unterschiede im Fließverhalten der Gewässer, verbesserte Wasserqualität, Rückgang der Verschmutzung und Zunahme vegetationsbewachsener Gewässerstreifen, die als Pufferzonen fungieren (CountrySide Survey 2000).

#### **3.4.2 Biodiversitätsmonitoring (BDM) in der Schweiz**

Grundlage für das Biodiversitätsmonitoring (BDM) in der Schweiz, das seit 2001 praktiziert wird, ist das PSR-Modell (s. Kap. 1.5). Ein Set von 32 Indikatoren wird in Zustands-, Einfluss- oder Maßnahmenindikatoren eingeteilt. Die Biodiversität fungiert im BDM der Schweiz dabei als Zustandsindikator und wird in Form von  $\alpha$ -,  $\beta$ - sowie  $\gamma$ -Diversität (s. Kap. 4.1.) gemessen (vgl. Hintermann et al. 2002).

Beim BDM wurden zunächst Gefäßpflanzen und Brutvögel, später auch Tagfalter bearbeitet. Die insgesamt 500 Stichprobenflächen werden durch jährliche Erhebungen in je 100 Flächen bearbeitet, so dass in einem Zeitraum von fünf Jahren alle Probeflächen untersucht werden. Wie im CountrySide Survey von Großbritannien wurden im BDM der Schweiz einige Artengruppen erst während des bereits laufenden Monitoring ergänzend aufgenommen wie die Tagfalter. Einige Ergebnisse zu dieser Tiergruppe seien exemplarisch genannt:

1. **Quantitative Bilanz der häufigsten Arten.** Erstmals konnten die 15 häufigsten Arten quantifiziert und Vorkommensschwerpunkte regional differenziert werden.
2. **Einfluss von Extremjahren auf die Biodiversität.** Der besonders warme Sommer in 2003 hat Wanderfalter aus dem Mittelmeergebiet wie den Distelfalter (*Cynthia cardui*) stark begünstigt.
3. **Unerwartetes Auftreten von Raritäten.** Der Alpenperlmutterfalter (*Clossiana thore*), eine selten nachgewiesene Art, trat z.B. überraschenderweise in vier Untersuchungsflächen auf.

### **3.5 Resumee**

Für ein GVO-Monitoring bietet das Konzept der ÖFS bzw. seine Umsetzung einen idealen Rahmen. Wichtige Prüfpunkte, die mit der Biodiversität und dauerhaft umweltgerechten Landwirtschaft in Zusammenhang stehen könnten darin umgesetzt werden: Ebene I der ÖFS ermöglicht es, flächenhafte Veränderungen infolge des GVO-Anbaus festzumachen, Ebene II, um räumlich feinskalige bzw. auf Organismen begrenzte Effekte zu erkennen.

Wie bisherige Testläufe zur ÖFS sowie das Biodiversitätsmonitoring in anderen Ländern gezeigt haben, ergibt sich eine große Fülle von Daten und Ergebnissen, die potenziell für die Beobachtung von GVO-Effekten geeignet sind. Im Folgenden befassen wir uns mit bereits vorliegenden Ansätzen zur Umsetzung des GVO-Monitorings und prüfen in welchem Umfang bzw. über welche Erweiterungen sich diese im Rahmen der ÖFS umsetzen lassen.

## **4 Umsetzung des GVO-Monitoring**

Die bestehenden Konzepte des GVO-Monitoring stellen einen wichtigen ersten Schritt zum GVO-Monitoring dar. Bis zur tatsächlichen Etablierung einer Umweltbeobachtung von möglichen GVO-Wirkungen sind jedoch eine Reihe weiterer Schritte notwendig, die wir hier unter dem Begriff „Umsetzung des GVO-Monitoring“ fassen. Im ersten Teil dieses Kapitels beschreiben wir diese weiteren Schritte und dokumentieren den gegenwärtigen Stand der Umsetzung. Der zweite Teil des Kapitels beschäftigt sich mit der Eignung der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS, Kap. 3.3) als Umsetzungsrahmen für ein GVO-Monitoring. Es werden GVO-Prüfpunkte identifiziert, deren Umsetzung im Rahmen des bestehenden ÖFS-Konzepts einschließlich spezifischer Erweiterungen erfolgen könnte. Ein Teil der GVO-Prüfpunkte

könnte über spezifische Ergänzungen der ÖFS zur Umsetzung des GVO-Monitoring beitragen. Das aus zahlreichen Umsetzungsmodulen (nach dem "Baukastenprinzip") bestehende Gesamtkonzept wird im dritten Teil ausführlich beschrieben. Das Kapitel schließt mit einer Beschreibung möglicher Synergien zwischen der Umsetzung der ÖFS mit GVO-Erweiterungen und weiteren Pflichten zum Biodiversitätsmonitoring im Rahmen des FFH-Monitoring.

#### **4.1 Stand der Umsetzung eines GVO-Monitoring**

Die verfügbaren Konzepte des GVO-Monitoring münden in den entscheidenden ersten Schritt eines Monitoring: der Ableitung und Entwicklung einer Liste von GVO-Prüfpunkten. Kap. 2 gibt einen Überblick über die Punkte, die für vier prototypische GVO geprüft werden müssen. Ungeachtet der Tatsache, dass das Verfahren zur Ableitung der Prüfpunkte selbst noch weiter optimiert werden könnte, wird die resultierende Liste der Prüfpunkte als umfassend und vor dem Hintergrund des derzeitigen Wissenstandes vollständig angesehen. Der nächste Schritt zum GVO-Monitoring besteht darin, geeignete Parameter in Form von Erhebungsgegenstand, Messgröße und Erhebungsmethode auszuwählen. Insgesamt sind für jeden Prüfpunkt folgende Aspekte relevant:

1. **Parameter** (Erhebungsgegenstand und Messgröße),
2. **Methode** (definiertes Vorgehen, Standardisierung),
3. **Erhebungsdesign** (Ansatz: z.B. Beobachtungsmessnetz oder Variantenvergleich (z.B. zwischen GVO ↔ nicht GVO), räumliche Repräsentanz und statistische Aussagekraft),
4. **Messnetz** (Organisation, Personal),
5. **Auswertung** (Statistik und Repräsentanz) und
6. **Bewertung** (Relevanz der Ergebnisse im Bezug auf mögliche GVO-Wirkungen, die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen oder einer Modifikation der Erhebung).

Der Erfahrungshintergrund, vor dem diese Umsetzungsschritte erfolgen, ist für die verschiedenen Prüfpunkte gegenwärtig unterschiedlich weit entwickelt. Für Prüfpunkte zur Transgenverbreitung und damit zur Charakterisierung der Belastungssituation ist der Erhebungsgegenstand „Nachweis von Transgenen“ relativ eindeutig. Die Entwicklungsaufgabe besteht darin, die Beprobung von verschiedenen Medien in den Raum- und Zeitbezügen so zu optimieren, dass mit geringem Aufwand ein aussagekräftiges Bild über Verbreitungswege und -frequenzen generiert werden kann. Einige Parameter und Methoden werden bereits im kleineren Rahmen erprobt.

Dagegen steht die Entwicklung insbesondere der biotischen Wirkparameter noch weitgehend am Anfang. Die Schwierigkeiten bestehen aber auch hier nicht primär darin, grundsätzlich geeignete Arten oder Artengruppen als Erhebungsgegenstände zu identifizieren. Vielmehr ist das eigentliche Problem, dass biotische Parameter naturgemäß einer großen räumlichen

und zeitlichen Variabilität unterliegen und verschiedenen anthropogenen Einflüssen ausgesetzt sind. Neben geeigneten Erhebungsgrößen und -methoden muss insbesondere der notwendige Erhebungsumfang erprobt werden. Dieser steht jeweils in engem Zusammenhang mit der Messgröße, der Erhebungsmethode und dem Erhebungsdesign. Der Erhebungsumfang muss idealerweise so groß sein, dass eine statistisch abgesicherte Auswertung der Messergebnisse hinsichtlich relevanter Unterschiede sowie Veränderungen oder Abweichungen von Grenzwerten erfolgen kann. In diesem Zusammenhang stellen die Ergebnisse und Erfahrungen der Farm Scale Evaluation in Großbritannien (Kap. 1.4) und des Biodiversitätsmonitoring (Kap. 3) einen wertvollen Erfahrungsschatz dar.

Im Folgenden charakterisieren wir den Status-quo der Umsetzung des GVO-Monitoring anhand der genannten Aspekte. Dabei beziehen wir uns auf vorhandene Monitoringkonzepte: auf das GVO-Monitoring von Züghart & Breckling (2003), zum anbaubegleitenden GVO-Monitoring der BBA (2000) sowie auf bestehende Umsetzungskonzepte der Ad hoc - AG (2004) und des MUNLV Nordrhein-Westfalen (2003).

#### **4.1.1 Erste Konkretisierungen des Konzepts von Züghart & Breckling (2003)**

Im Konzept von Züghart & Breckling (2003) werden für alle genannten Prüfpunkte des GVO-Monitoring bereits Erhebungsparameter und Methoden vorgeschlagen. Dabei werden auch der Raumbezug und die notwendigen Erhebungsfrequenzen spezifiziert. Das Werk wird abgerundet durch eine umfangreiche Darstellung bereits bestehender Untersuchungsprogramme und Messnetze. Es identifiziert eine Reihe von Beobachtungsprogrammen, deren Erhebungsparameter hinsichtlich einer Eignung für das GVO-Monitoring zu prüfen sind bzw. die sich für eine Einbindung von Erhebungsparametern des GVO-Monitoring potenziell eignen. Damit liegt eine umfangreiche Datenbasis für die Umsetzung des GVO-Monitoring vor. Insgesamt zeigt sich bereits in diesem Stadium, dass nicht alle Parameter mit einem einheitlichen Untersuchungsdesign erhoben werden können: Zum einen müssen unterschiedliche Raumbezüge berücksichtigt werden, zum anderen variieren die Probenahmefrequenzen und die Beprobungszeiträume. Darüber hinaus zeigt sich, dass zwar für viele der genannten Erhebungsmethoden wissenschaftliche Methodennachweise vorhanden sind, eine Standardisierung (z.B. nach DIN- oder VDI-Norm) bisher jedoch in den wenigsten Fällen erreicht wurde.

Das BfN hat inzwischen über verschiedene F&E-Vorhaben begonnen, die Umsetzung des Konzepts von Züghart & Breckling (2003) voranzutreiben. Hilbeck & Meier (in Vorb.) wandten verschiedene Verfahren an, um Parameter und Messmethoden für das GVO-Monitoring auszuwählen und ihre Eignung zu beurteilen. In dieser Studie wurde eine Liste von Tierarten erstellt, die sich jeweils für ein kulturartenspezifisches sowie ein kulturartenunspezifisches GVO-Monitoring eignen. Die darin genannten 42 Arten rekrutieren sich aus den Gruppen der

Insekten, Vögel und Säugetiere. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass sich die Erhebung der Tagfalter als Artengruppe sowie des Kleinen Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*), zweier Rüsselkäferarten *Ceutorhynchus napi* und *C. assimilis* und der Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*) in besonderer Weise für ein GVO-Monitoring eignen.

In einem weiteren Vorhaben wurde die Umsetzung dieser vier Parameter von Hintermann & Weber (2004) konkretisiert. Zunächst wurde der Raumbezug der Parameter dahingehend spezifiziert, dass Rüsselkäfer und Waldmaus in Ackerbiotopen, Tagfalter und Kleiner Perlmutterfalter hingegen über alle Bodenbedeckungstypen zu erheben sind. Die Abschätzung des notwendigen Stichprobenumfangs orientiert sich an der genauen Auswahl der Messgröße, der Erhebungsmethode und einer Zielvorgabe für die Aussagesicherheit. Darüber hinaus wurde eine Kostenabschätzung für eine Erhebung der Parameter im Rahmen der Ebene II der ÖFS (Kap. 3.3.2.2) vorgenommen. Im Rahmen des Projekts „Biotische Wirkungsakkumulatoren und Erhebungsmethoden für ein GVO-Monitoring (Phase 2)“ wird in 2005 damit begonnen, die vier Parameter einem Praxistest zu unterziehen.

#### **4.1.2 Konzept der Biologischen Bundesanstalt (BBA)**

Auch das Eckpunktepapier „Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Kulturpflanzen – Erfassung und Auswirkungen auf das Agrarökosystem“ (BBA 2000) führt Konkretisierungen hinsichtlich einer zukünftigen praktischen Durchführung und Organisation an. Die Anlage von „Dauersystemversuchen auf Praxisschlägen“ soll die erforderlichen praxisrelevanten Ergebnisse liefern. Die Beobachtung der GVO-Wirkungen soll in Einzelbetrieben auf typischen Standorten und mit typischen Anbaufolgen und Anbauverfahren stattfinden. Dazu ist vorgesehen, GVO-Sorten auf Teilschlägen in direktem Vergleich mit Nicht-GVO-Sorten anzubauen. In dem Konzept wird eine Liste von 8 Parametern zur Erfassung möglicher Langzeitwirkungen auf Agrarökosysteme vorgeschlagen. Es wird empfohlen, im Rahmen von Freisetzungsversuchen den vollständigen Parametersatz zu erheben. Für das anbaubegleitende Monitoring soll der Untersuchungsumfang auf sechs Parameter reduziert werden. Fünf Parameter sehen die Erhebung potenzieller Veränderungen im Auftreten von Schaderregern einschließlich Unkräutern sowie die Wirkung von gängigen Pflanzenschutzmitteln vor und bewegen sich damit in den Kernkompetenzen der routinemäßigen Erfassungen durch die amtlichen Pflanzenschutzdienste. Entsprechend schlagen die AutorInnen vor, die Erfahrung und Methodik der Pflanzenschutzdienste an den Messstandorten für ein GVO-Monitoring routinemäßig zu nutzen. Nach unserer Auffassung sollte dabei die Methodik um eine Überwachung der Entstehung von Resistenzen erweitert werden.

Das BBA-Konzept geht auch auf die Möglichkeit ein, bodenbiologische Langzeitmessungen einzubeziehen. Dazu können die Referenzstandorte des anbaubegleitenden GVO-Monitoring in das bereits bestehende Raster der Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) integriert wer-

den. Für die Einbeziehung der Flora als Indikatorsystem - insbesondere von Artenerfassungen außerhalb von Anbauflächen - verweist BBA (2000) auf das bereits angesprochene Konzept der BL/AG (Kapitel 2.2). Eine weitere Konkretisierung des anbaubegleitenden Monitoring ist im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts „Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring von GVP im Agrarökosystem“ bis 2004 vorgesehen.

#### **4.1.3 Umsetzungskonzepte der Ad hoc - AG und des MUNLV in Nordrhein-Westfalen**

Zwei weitere Umsetzungskonzepte für ein GVO-Monitoring befassen sich schwerpunktmäßig mit praktischen Aspekten. Beide Konzepte stützen sich auf eine Umsetzung von Anteilen eines GVO-Monitoring im Rahmen der ÖFS und beziehen sich dabei auf die Basisvariante der ÖFS, die folgende Parameter berücksichtigt:

1. der **Biototypen** (Ebene I der ÖFS),
2. der **Flora** (Ebene II der ÖFS),
3. der **Brutvogelfauna** (Ebene II der ÖFS)

Als GVO-spezifische Erweiterung sehen beide Konzepte die Erfassung der Ausbreitung von **Transgenen** auskreuzungsfähiger GVO oder der transgenen Kulturart selbst vor.

Das Konzept der **Ad hoc – „Arbeitsgruppe Naturschutz und Gentechnik“** der LANA, LAG und der Bund-Länder AG „Monitoring von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen“ (Ad hoc – AG 2004) nennt sich „Biodiversitätsmonitoring mittels Ökologischer Flächenstichprobe (ÖFS)“ und soll auch die Einflüsse von GVO auf die Biodiversität überwachen. Die Darstellungen in der Fassung vom 17. Juni 2004 (Ad hoc – AG 2004) konzentrieren sich auf eine Kostenabschätzung und Einsparmöglichkeiten. Auf die in früheren Konzeptentwürfen vorgesehene Erhebung weiterer faunistischer Parameter wird nicht mehr eingegangen. Methoden und Stichprobenumfang orientieren sich implizit an entsprechenden Planungen für die ÖFS, Ebene II (Statistisches Bundesamt & Bundesamt für Naturschutz 2000). Es wird vorgeschlagen, die Ersterfassung als Modellvorhaben des Bundesamts für Naturschutz (BfN) durchzuführen. Anschließend sollten die Bundesländer die notwendigen Folgeerfassungen auf eigene Kosten fortführen. Eine Erhebung der Brutvögel wurde 2004 begonnen. Sie wurde im Startjahr deutschlandweit auf insgesamt ca. 50% der Stichprobenflächen der ÖFS durchgeführt (siehe auch Kap. 4.3.2.3).

Das so genannte „Handlungskonzept für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen im Rahmen der ÖFS-NRW“ des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (MUNLV-NRW 2003) geht auf methodische Details ein, die in Tab. 5 dargestellt sind. Das Handlungskonzept sattelt auf dem seit 1997 in NRW landesweit durchgeführten Biomonitoring auf 170 ÖFS-Flächen und 25 Referenzflächen in Naturschutzgebieten bzw. vorgeschlagenen FFH- oder Vogelschutzgebieten (s. Kap. 4). Das Konzept beinhaltet die Erfassung von Biotop- und Strukturtypen, aller

Brutvogelarten innerhalb einer ÖFS-Stichprobenfläche, sowie die halbquantitative Erfassung der Flora in verschiedenen Biotoptypen.

Neben der GVO-spezifischen Erweiterung um ein Transgenscreening in GVO-Kulturarten und Kreuzungspartnern enthält das Konzept methodische Erweiterungen. Diese sehen insbesondere eine Fokussierung der floristischen Erhebungen auf GVO-Kulturarten und mögliche Kreuzungspartner vor. Im Sinne einer Früherkennung von GVO-Wirkungen soll das Messnetz in GVO-Anbaugebieten weiter verdichtet werden. Eine Möglichkeit, den Kostenaufwand zu minimieren wird darin gesehen, intensivere Erhebungen von GVO-Parametern ausschließlich auf potenzielle Hauptanbaugebiete zu begrenzen.

**Tab. 5: Parameter und Methoden des Handlungskonzepts für ein Monitoring von GVO, Nordrhein-Westfalen (MUNLV-NRW 2003)**

(Abkürzung: PCR Polymerase Chain Reaction, eine molekulargenetische Nachweismethode)

Parameter	Methode	Messnetz, Raumbezug, Frequenz
Molekularer Nachweis von Transgenen in Raps, Zuckerrüben und Kreuzungspartnern	Qualitative PCR einer Mischprobe* (siehe II.) Stufe 1: Transgene ja/nein Stufe 2: wenn ja, dann getrennte Erhebung nach Zielarten und Populationen (Fundorten)	jährlich gestaffelte Beprobung der 170 + 25 ÖFS-Stichprobenflächen (ggf. nur auf 10 ÖFS-Flächen in Hauptanbaugebieten)
	1.000 Samen	Acker
	100 Blattproben	flächenhaft
Floristische Kartierung von Gefäßpflanzen, Kulturarten und Kreuzungspartnern	I.) halbquantitative Vegetationsaufnahme** mit den um Zielarten erweiterten Aufnahmelisten II.) Identifikation und Beobachtung von allen Populationen der Zielarten*** (ggf. nur auf ÖFS-Flächen in Hauptanbaugebieten)	s.o., Frequenz alle 5 Jahre, im Falle von GVO-Anbau Erhöhung der Frequenz (Frühjahr und Sommer)

\* Das Probenahmeprotokoll ist erhältlich beim Staatlichen Veterinäruntersuchungsamt Krefeld (E-Mail: naumann@svua-krefeld.nrw.de)

\*\* Artenspektrum, Deckungsgrad nach 8-stufiger Schätzskala des LÖBF, Nordrhein-Westfalen

\*\*\* in dem Konzept ist eine Liste von zu bearbeitenden Artengruppen gegeben

Die Erhebungsmethodik wurde auf 10 ÖFS-Flächen in potenziellen Hauptanbaugebieten in 2004 erstmals praktisch erprobt. Neben der flächendeckenden Erhebung zum Vorkommen von Wild- und Durchwuchsraps sowie potenziellen Kreuzungspartnern von Raps wurden von Populationen außerhalb der Anbauflächen Pflanzenproben entnommen. In das Transgenscreeningprogramm wurde eine Beprobung von Pollensammlern und Honig aufgenommen. Die Ergebnisse, die im Februar 2005 erstmals vorgestellt wurden, ergaben Hinweise auf das Vorhandensein von Transgenen in allen drei untersuchten Medien (mündl. Mittlg. Frau Fiebig MUNLV-NRW).

## **4.2 Ökologische Flächenstichprobe und GVO-Monitoring**

In diesem Kapitel bringen wir die Anforderungen an ein GVO-Monitoring in Zusammenhang mit dem Untersuchungsansatz und den Zielen der ÖFS als Biodiversitätsmonitoring. Im ersten Teil beschäftigen wir uns mit den Kriterien für eine Umsetzbarkeit des GVO-Monitoring im Rahmen der ÖFS. Als Ergebnis nennen wir in einem zweiten Teil die Prüfpunkte des GVO-Monitoring, welche grundsätzlich im Rahmen der ÖFS abgedeckt werden können sowie die Prüfpunkte, welche in anderen Erhebungszusammenhängen erfasst werden sollten. Ergänzt wird diese Aufstellung durch einen kurzen Überblick, welche der genannten Prüfpunkte in bestehenden Umsetzungen oder Umsetzungskonzepten bereits berücksichtigt werden. Mit dem Ziel, die Umsetzung weiterer Prüfpunkte im Rahmen der ÖFS zu konkretisieren, beschäftigt sich ein dritter Teil des Kapitels mit der Auswahl geeigneter Parameter für diese Prüfpunkte.

### **4.2.1 Umsetzbarkeit des GVO-Monitoring im Rahmen der ÖFS**

Mögliche GVO-Wirkungen berühren ein Spektrum von Problembereichen im Rahmen des Erhalts der Biodiversität und einer nachhaltigen Landwirtschaft die auch in dem geplanten Messnetz der ÖFS beobachtet werden sollen. Die Umsetzungskonzepte der Ad hoc – AG und das Handlungskonzept aus Nordrhein-Westfalen basieren bereits auf einer Verknüpfung von GVO-Monitoring und ÖFS und decken zusammen mit den GVO-spezifischen Erweiterungen der ÖFS einige GVO-Prüfpunkte ab. Im Folgenden untersuchen wir, welche weiteren Prüfpunkte des GVO-Monitoring im Rahmen der ÖFS bearbeitet werden können. Als Grundlage dazu dient das GVO-Monitoringkonzept von Züghart & Breckling (2003).

Zunächst sind einige Aspekte zu den Raumbezügen, der Erhebungsfrequenz, den Stichprobenumfängen und der Parameterwahl zu klären. Die Prüfpunkte des Monitoringkonzepts beziehen sich auf verschiedene Raumeinheiten, die von einzelnen Ackerflächen bis zu großen Landschaftsausschnitten reichen. Hinsichtlich der Raumbezüge und Erhebungsfrequenzen zwischen ÖFS und GVO-Monitoring ergeben sich folgende Möglichkeiten und Einschränkungen:

1. **Das Messnetz der ÖFS ermöglicht die Erhebung einer flächenrepräsentativen „baseline“ für GVO-Parameter.** Der repräsentative Erhebungsrahmen der ÖFS ermöglicht die Beschreibung des Umweltzustandes über entsprechende biotische oder strukturelle Parameter in ihrer flächenhaften Relevanz. Dabei ist es essentiell, mit den Datenerhebungen zu beginnen, bevor GVO-Anbau stattfindet, um den status quo ante zu dokumentieren. Für ein GVO-Monitoring im Rahmen der ÖFS bezieht sich die „baseline“ auf die nationale Ebene, wobei für einige Parameter flächendeckende Aussagen (im gesamten Spektrum an Biotoptypen), für andere Parameter jedoch lediglich Aussagen zu bestimmten Landnutzungsformen (z.B. Acker) gemacht werden können.

2. **Die ÖFS deckt eine ausreichend große Zahl von Ackerflächen ab.** Viele Hypothesen des Konzepts von Züghart & Breckling (2003) beziehen sich auf Ackerflächen bzw. Ackerränder und deren Umgebung. Die ÖFS-Stichprobenflächen decken eine Bandbreite von Ackerbiotopen in Deutschland ab, da alle Naturräume (inklusive der Hauptanbaugelände) in die Stichprobenauswahl aufgenommen werden. Nach einer vorläufigen Abschätzung sind auf 735 der 1.000 gezogenen Stichprobenflächen der ÖFS auch Ackerflächen vorhanden. 394 der 1.000 Flächen weisen eine Bedeckung mit Ackerflächen von mehr als 30% auf (Hintermann & Weber 2004). Der Anteil der Kulturarten Raps, Mais, Zuckerrübe und Kartoffel ist allerdings von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich.
3. **Eine Beobachtung von Ackerbiotopen im Rahmen der ÖFS kann nur kulturartenspezifische Parameter vorsehen.** Grundsätzlich sind ausreichend Stichproben aus dem Biotoptyp Acker für die ÖFS selektiert, um auch biotische Parameter zu erfassen, die ausschließlich an bestimmten Kulturarten beobachtbar sind (z.B. Rapsglanzkäfer [*Meligethes aeneus*] an Rapsblüten). Eine kulturartenbezogene Auswertung ist allerdings in der Konzeption der ÖFS nicht vorgesehen. Das Beprobungsdesign behandelt alle Ackerbiotope gleich, unabhängig von den jeweils vorliegenden Feldfrüchten. Die Erhebungen selbst werden unabhängig von der Ackernutzung immer in demselben Raumausschnitt durchgeführt. Entsprechend wird die genaue Lage der Erhebungsplots nach flächen-repräsentativen Gesichtspunkten vorab festgelegt und in Kartenwerken festgehalten. Sie wird nicht den zum jeweiligen Beprobungstermin vor Ort tätig werdenden BearbeiterInnen überlassen. Für das GVO-Monitoring im Rahmen der ÖFS bedeutet dies eine wichtige Einschränkung: Da die Feldfrüchte auf Grund der Fruchtfolgen in den fixierten Probestellen wechseln, können nur Parameter berücksichtigt werden, die an möglichst vielen Feldfrüchten aussagekräftige Daten liefern - die Parameter müssen also kulturartenspezifisch sein. Für die Erhebung von kulturartenspezifischen Parametern müsste vom ÖFS-Beprobungsschema abgewichen werden.
4. **Referenzmessung zu kulturartenspezifischen Erhebungen im GVO-Anbau:** Durch den repräsentativen Erhebungsrahmen können Erhebungen im Rahmen der ÖFS zugleich als Referenzmessungen für Kurzzeit-Untersuchungen bzw. für Kausalanalysen in GVO-Anbaugeländen genutzt werden. Wie unter Punkt 3 dargestellt, können auf Ackerbiotopen im Rahmen der ÖFS nur GVO-Parameter erhoben werden, die kulturartenspezifisch aussagekräftig sind. Mit dieser Einschränkung sind Erhebungen der ÖFS direkt als Referenzmessungen zu Erhebungen im GVO-Anbau nutzbar. Darüber hinaus ist es möglich, auf ÖFS-Stichprobenflächen zusätzliche temporäre oder dauerhafte Messungen durchzuführen, um den repräsentativen Rahmen der ÖFS für weitere z.B. kulturartenspezifische Parameter nutzen zu können. Die entsprechenden Erhebungen in GVO-

Anbaugebieten sollten dann - aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit - methodisch auf dem Mindeststandard der ÖFS aufbauen.

- 5. GVO-Prüfpunkte müssen sich im 5-Jahresintervall der ÖFS sinnvoll erheben lassen.** Im Konzept von Züghart & Breckling (2003) wird eine jährliche, teils sogar zweimal jährliche Erhebungsfrequenz für die Parameter vorgeschlagen, die somit erheblich über dem 5-jährig gestaffelten Beprobungsrhythmus der ÖFS liegt. Die Umsetzung von GVO-Prüfpunkten durch die ÖFS setzt also Parameter voraus, die auch in mehrjährigen Abständen interpretierbare Daten liefern. Auch hier gilt, dass auf den Stichprobenflächen im Rahmen anderer Messprogramme temporär oder dauerhaft höherfrequente Erhebungen stattfinden können.

#### **4.2.2 GVO-Prüfpunkte**

Der überwiegende Anteil der Prüfpunkte des GVO-Monitoring von vier prototypischen GVO (Züghart & Breckling 2003) kann grundsätzlich im Rahmen einer entsprechend erweiterten ÖFS abgedeckt werden. Die Prüfpunkte sind in Tab. 6 aufgelistet und den Schutzzielen und Problembereichen zugeordnet. Belastungen ordnen wir - wie in dem Entwurf der Gentechnik-Beobachtungsverordnung – GenTGBBeobV (Stand 17. Sept. 2005) - dem Ziel „Schutz der Umwelt“ zu. Viele der möglichen GVO-Wirkungen lassen sich den Schutzzielen „Erhalt der Biodiversität“ und „Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft“ zuordnen. Tab. 7 zeigt die Prüfpunkte, die inhaltlich und auf Grund ihrer Erfassungscharakteristik in anderen Messnetzen und Beobachtungszusammenhängen überwacht werden sollten. Dazu zählen auch weitere Belastungen, wie z.B. „Verbreitung von GVO-Anbau“ oder „Transgene und – kombinationen in Saatgut“. Die hier eingeordneten Prüfpunkte möglicher GVO-Wirkungen zielen u.a. auf die Einhaltung weiterer Schutzziele, wie „Schutz der menschlichen Gesundheit“ oder berühren technische und andere Aspekte des Schutzziels „Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft“, wie „Pflanzenschutz“ und „Erhalt der Sortenvielfalt“.

Insgesamt zeigt sich, dass im Rahmen der ÖFS eine ganze Reihe wichtiger Komponenten des Konzepts von Züghart & Breckling (2003) sowie anderer Konzepte umgesetzt werden können. Bei der Auswahl von Parametern für Prüfpunkte des GVO-Monitoring muss bestimmten Anforderungen Rechnung getragen werden, die das ÖFS-Messnetz und der geplante Erhebungsumfang vorgeben. Einschränkungen im Umsetzungsumfang des GVO-Monitoringkonzepts ergeben sich eher aus Gründen der grundsätzlichen Erfassungscharakteristik (z.B. Sortenvielfalt, Allergieregister) als aus technischen Gründen (z.B. bei Oligophagen an spezifischen Kulturarten).

**Tab. 6: Mögliche GVO-Wirkungen, die grundsätzlich im Rahmen einer entsprechend erweiterten ÖFS geprüft werden können**

Die Nennungen der Schutzziele wurden für eine bessere Übersichtlichkeit z.T. abgekürzt, „Biodiv. nachh. Landw.“ steht für „Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft, Erhalt der Biodiversität“, „Gewässer“ steht für „Schutz der Gewässerfunktionen, Erhalt der Biodiversität“

Schutz-ziele	Problem-bereich	Prüfpunkte	Methodische Hinweise	
			Spezifikationen	Raum bezug
Schutz der Umwelt	Basisdaten Belastungs-situation	Verbreitung von Transgenen und – kombinationen in <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kulturpflanzen</li> <li>- Kreuzungspartnern</li> <li>- Pollen</li> </ul>	Kreuzungspartner von Raps und Zuckerrüben	flächenhaft
		Verbreitung von Transgenen und – kombinationen im Boden Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden im Boden	B.t.-Toxin und Herbi-zid/Metabolite	Acker, Acker-rain
		Verbreitung von Transgenen und – kombinationen in Sedimenten Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern	B.t.-Toxin und Herbi-zid/Metabolite	Ober-flächen-ge-wässer
		Landschaftsstrukturelle Diversität	-	flächenhaft
Biodiv. nachh. Landw.	Invasivität	Verhalten (Verwilderung, Ausbreitung und Etablierung) der transgenen Kulturpflanzen Verhalten (Etablierung und Ausbreitung) der Hybride	Hybride zwischen Raps bzw. Zuckerrüben und entsprechenden Kreuzungspartnern	flächenhaft
Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft, Erhalt der Biodiversität	Herbizid-resistenz-technik	Zustand der Ackerbegleitflora, der Ackerrandflora und der Diasporenbank Direkte Herbizidwirkung auf Wirbellose Indirekte Wirkung auf Pollenfresser/ Blütenbesucher unter den Wirbellosen Indirekte Wirkung auf phytophage Zielarten an Beikräutern	-	Acker, Acker-rain
	Toxische und andere Wirkungen auf Phytophage	Transgenvermittelte Wirkung auf phytophage Zielarten an der Kulturart	Auswahl von kulturarten-unspezifisch fressenden Phytophagen	Acker
	Verbreitung von toxisch wirkenden Substanzen	Transgenvermittelte Wirkung auf pollenfressende Wirbellose	Wirkung steht in zeitl. Bezug zu Mais-Blüte	flächenhaft
	Kumulative Nahrungsketteneffekte, Endstufen	Indirekte Wirkungen auf Antagonisten unter den Wirbellosen	-	Acker, Acker-rain
Wirkungen auf beikraut-, samen- und insektenfressende Wirbeltiere und ihre Prädatoren		primärer Wirkungsort Acker und Ackerrain	Flä-chen-haft	
Erhalt der Boden-funk-tion	u.a. Herbizid-resistenz-technik	Indirekte Wirkungen bzw. Wirkung der HR-Technik auf Bodenphysik und Chemie	-	Acker

Schutz- ziele	Problem- bereich	Prüfpunkte	Methodische Hinweise	
			Spezifikationen	Raum- bezug
	Herbizidresistenztechnik, toxische und andere Wirkungen auf Bodenmikroorganismen und Bodenzoologie, kumulative Nahrungsketteneffekte	Transgen- bzw. biozidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen oder durch veränderte genetische Ausstattung herbeigeführte Änderung von Zusammensetzung und Funktionen von Mikroorganismen	-	Acker
		Transgen- bzw. Herbizidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen auf Zusammensetzung und Funktionen der Bodenfauna	-	Acker
Ge- wässer	Toxische Wirkungen auf Gewässerorganismen	Wirkung von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern und auf in Gewässern lebende Organismen	Expositionsmuster von B.t.-Toxin bzw. Herbiziden in Gewässern	Oberflächen- gewässer

**Tab. 7: Mögliche GVO-Wirkungen, die inhaltlich und auf Grund ihrer Erfassungscharakteristik in anderen Messnetzen oder Beobachtungsansätzen überwacht werden sollten**

Die Nennungen der Schutzziele wurden für eine bessere Übersichtlichkeit z.T. abgekürzt, „Nachh. Landwirtschaft“ steht für „Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft, Erhalt der Biodiversität“

Schutz- ziele	Problembereich	Prüfpunkte	Methodische Hinweise	
			Spezifikationen	Raum- bezug
Schutz der Umwelt	Basisdaten Belastungssituation	Verbreitung von Transgenen und – kombinationen in Saatgut Wirbeltierkot, Kläranlagen	-	Gesamt- fläche
		Verbreitung von GVO-Anbau Anbautechnik Wirkung der reduzierten Beikrautflora auf Bodenerosion	-	Acker
Schutz der menschl. Gesundheit	Umweltwirkungen auf menschl. Gesundheit: Allergien über Atemwege	Frequenz und Verbreitung von Allergien der Atemwege	Wirkung steht in zeitl. Bezug zu Mais-Blüte	Gesamt- fläche
Nachh. Landwirt- schaft	Verlust von Kulturarten- und Sortenvielfalt	Anzahl und Zusammensetzung verwendeter Kulturarten und Sorten	-	Anderer Bezug nationale Ebene
Pflanzenschutz	Verbreitung von Pflanzenkrankheiten	Befall der Kulturpflanze mit phytopathogenen Wirbellosen	Erhebung in Mais, Kartoffeln und Raps	Acker
		Befall durch virale Phytopathogene und Befallsausprägungen an Kulturpflanze und Kreuzungspartnern	Erhebung an Zuckerrüben und Kreuzungspartnern	Acker und Gesamtfläche
	Resistenzentwicklung	Auftreten von behandlungsresistenten - Schadinsekten - Durchwuchs - Beikräutern	Maiszünsler, Rapsdurchwuchs, Raps-Kreuzungspartner, Ackerwildkräuter	Acker

Welche Prüfpunkte sind bereits über die Umsetzungskonzepte der Ad hoc-AG (2004) bzw. des MUNLV-NRW (2003) abgedeckt? Beide Umsetzungskonzepte beziehen sich auf eine Erhebung von Parametern im Rahmen der ÖFS. Sie beziehen sich daher auf den von uns in Tab. 6 skizzierten Prüfumfang. Ein Vergleich zeigt, dass diese Vorschläge wichtige Prüfpunkte berücksichtigen, welche in Tab. 6 unter folgenden Problembereichen genannt werden:

Problembereich „Basisdaten Belastungssituation“ :

- ⇒ Verbreitung von Transgenen und –kombinationen in
  - Kulturpflanzen
  - Kreuzungspartnern
- ⇒ Landschaftsstrukturelle Diversität

Problembereich „Invasivität“:

- ⇒ Verhalten (Verwilderung, Ausbreitung und Etablierung) der transgenen Kulturpflanzen
- ⇒ Verhalten (Etablierung und Ausbreitung) der Hybride

und Problembereich „Kumulative Nahrungsketteneffekte, Endstufen“:

- ⇒ Wirkungen auf beikraut-, samen- und insektenfressende Wirbeltiere und ihre Prädatoren

Wichtige Prüfpunkte, die mit den oben genannten Umsetzungskonzepten nicht abgedeckt werden, sind den Problembereichen „Herbizidresistenztechnik“ und „Toxische und andere Wirkungen auf Phytophage“ und „Verbreitung von toxisch wirkenden Substanzen“ (Tab. 6) zugeordnet. Auf die Umsetzung dieser Prüfpunkte im Rahmen der ÖFS beziehen sich aktuelle F&E-Vorhaben des BfN. Die Projektnehmer schlagen die Erhebung weiterer Tierarten bzw. -gruppen, wie Tagfalter, dem kleinen Perlmutterfalter (*Issoria lathonia*), zwei Rüsselkäferarten (*Ceutorhynchus napi* und *C. assimilis*) sowie der Waldmaus (*Apodemus sylvaticus*) vor und erproben diese derzeit in der Praxis (siehe Kap. 4.1.1).

Weitere nicht abgedeckte Prüfpunkte betreffen die Medien Boden und Gewässer. Sie sind dem Problembereichen „Basisdaten zur Belastungssituation“, „Herbizidresistenztechnik“, „Wirkungen auf Bodenmikroorganismen und Bodenzoologie“, „kumulative Nahrungsketteneffekte“ sowie „Toxische Wirkungen auf Gewässerorganismen“ zugeordnet (s. Tab. 6). Für eine Umsetzung dieser Prüfpunkte existieren noch keine konkreten Planungen. Es wird jedoch vorgeschlagen, die Eignung bestehender Messnetze für eine Umsetzung zu prüfen (Züghart & Breckling 2003).

Von den Prüfpunkten, welche auf Grund ihrer Erfassungscharakteristik nicht im Rahmen der ÖFS überwacht werden sollten (s. Tab. 7), werden derzeit die Prüfpunkte „Verbreitung von GVO-Anbau“ und „Verbreitung von Transgenen und –kombinationen in Saatgut“ aus dem Problembereich „Basisdaten Belastungssituation“ konkret umgesetzt. Die Umsetzung erfolgt im Rahmen gesetzlich vorgeschriebener behördlicher Aktivitäten (GVO-Standortregister, Saatgutüberwachung). Für die Umsetzung weiterer Prüfpunkte im Rahmen der Problembere-

reiche „Verbreitung von Pflanzenkrankheiten“ und „Resistenzentwicklung“ liegen keine konkreten Planungen vor. Es wird jedoch vorgeschlagen, diese im Rahmen bestehender Messnetze umzusetzen (BBA 2000).

#### **4.2.3 Parameter für GVO-Prüfpunkte, die im Rahmen der ÖFS erhoben werden können**

Im Folgenden suchen wir nach Arten oder Artengruppen, mit deren Erfassung wichtige Prüfpunkte abgedeckt werden können, welche in dem oben genannten Umsetzungskonzept der Ad hoc-AG (2004) noch nicht berücksichtigt wurden. Diese Prüfpunkte sind den Problembereichen „Herbizidresistenztechnik“, „Toxische und andere Wirkungen auf Phytophage“ und „Verbreitung von toxisch wirkenden Substanzen“ aber auch „Kumulative Nahrungsketteneffekte (nicht Endstufen)“ zuzuordnen (Tab. 6). Aufgrund der großen Vielfalt der Fauna hinsichtlich Trophie und der großen Zahl von Tiergruppen, die sich ausschließlich phytophag oder zoophag ernähren, versuchen wir, für die nicht abgedeckten Prüfpunkte eine geeignete Auswahl zu treffen. Von direkten toxischen GVO-Wirkungen sind vor allem Phytophage und Antagonisten (Zoophage und Parasitoide) betroffen. Wir gehen davon aus, dass für Antagonisten eine Erhebung von Parasitoiden nicht in Betracht gezogen werden sollte, da sie uns im Rahmen der ÖFS als zu aufwendig hinsichtlich der Bearbeitung erscheint (was ihren Wert für kausalanalytische Forschungen keineswegs schmälert). Bei der weiteren Selektion gehen wir in drei Schritten vor:

1. Zuordnung des **Potentials an faunistischen Indikatoren** zu den fehlenden GVO-Prüfpunkten,
2. **Evaluation** dieser Indikatoren nach festgelegten Kriterien,
3. **Abgleich** zwischen Indikatoren, die in ÖFS (der Prioritätsstufen I - III) genannt sind und den für ein GVO-Monitoring benötigten Indikatoren.

In Tab. 8 prüfen wir, inwieweit bereits vorgeschlagene Tierarten für die entsprechenden Prüfpunkte des GVO-Monitoring sensitiv sind. Bei den Tiergruppen handelt es sich bereits um eine Vorselektion, die im Rahmen der Konzepterstellung für ein GVO-Monitoring (Kap. 2) und der Konzeptentwicklung ÖFS Ebene II (Kap. 3) erfolgte. Von Hilbeck & Meier (in Vorb.) vorgeschlagene Arten reihen sich dabei in die aufgeführten Taxa ein, wie z.B. *Issoria lathonia* (Kleiner Perlmutterfalter) bei den Tagfaltern, sind also hinsichtlich der Sensibilität gegenüber den Prüfpunkten identisch.

**Tab. 8: Sensibilität von Tierarten bzw. Artengruppen für Prüfpunkte des GVO-Monitoring**

? = Parameter müsste auf Tauglichkeit überprüft werden, Angaben in Klammern = nur eingeschränkte Sensibilität

Problem-Bereich	Prüfpunkte für das GVO-Monitoring	Rüssel- und Blattkäfer	Blattläuse	Tagfalter	Honig- und Wildbienen	aphidophage Marienkäfer	zoophage Wanzen	Florfliegen	Laufkäfer - Offenland	Spinnen
HR-Technik	Direkte Herbizidwirkung auf Wirbellose	?	?	?	?	?	?	?	?	?
	Indirekte Wirkung auf Pollenfresser/ Blütenbesucher unter Wirbellosen			x	x					
	Indirekte Wirkung auf phytophage Zielarten an Beikraut	x	x	x					(x)	
Toxische und andere Wirkungen auf Phytophage	Transgenvermittelte Wirkung auf phytophage Zielarten an der Kulturart	x	x	x	x					
Verbreitung von toxisch wirkenden Substanzen	Transgenvermittelte (toxische) Wirkung auf pollenfressende Wirbellose			x	x					
Kumulative Nahrungsketteneffekte	Indirekte Wirkung auf Antagonisten unter den Wirbellosen					x	x	x	x	x
	Wirkungen auf beikraut-, samen- und insektenfressende Wirbeltiere und ihre Prädatoren								?	

Da die Auswahl der Artengruppen in Tab. 8 für eine ÖFS immer noch sehr umfangreich ist, wird im nächsten Schritt eine weitere Selektion vorgenommen. Dazu werden von uns Kriterien aufgestellt, die uns für die Berücksichtigung GVO-relevanter Parameter im Rahmen der ÖFS wesentlich erscheinen (vgl. Hildebrandt et al. 2005):

- **Schnelle und sensitive Reaktion** auf mögliche GVO-vermittelte Belastungen. Die Korrelation des Vorkommens von Arten mit Basisdaten der Belastungssituation sollte statistisch abgesichert sein und möglichst geringe Variabilität aufweisen.
- Hohe **Stetigkeit** in Raum und Zeit bei Arten im Agrarraum bzw. in Äckern in größeren Häufigkeiten. Migranten unter den höheren Taxa sind dabei besonders ungeeignet für ein Monitoring.
- **Biologie und Ökologie der Arten** sollten wenigstens in Grundzügen **bekannt** sein. Diese Daten sollten möglichst in Datenbanken verfügbar sein.
- Quantitativer Fang bzw. Nachweis ist mit **einfachen Methoden** möglich.
- Der **Determinationsaufwand** sollte gering und die **Taxonomie** geklärt sein.

Die Auswahl der Kriterien stützt sich auf den im Zusammenhang mit der ÖFS verwendeten Kriteriensatz (Statistisches Bundesamt und Bundesamt für Naturschutz 2000), da für diesen Bereich noch keine entwickelten und abgestimmten Kriteriensätze vorliegen. Die Liste wurde

bereits anhand erster Arbeiten zu einer GVO-spezifischen Anpassung von Auswahlkriterien (Hilbeck & Meier in Vorb.) modifiziert.

Bei der Evaluation vergeben wir für die Taxa je nach Eignung hinsichtlich dieser Kriterien Punkte von 1 bis 3, beim Kriterium Stetigkeit werden nur 2 Punkte vergeben, da es schwierig ist, feiner als in zwei Stufen zu differenzieren (s. Tab. 9).

**Tab. 9: Liste der Evaluationskriterien für Indikatorgruppen**

Kriterium	Stufen	Erläuterungen
<b>Sensitivität für GVO-Prüfpunkt</b>	3 = hoch	Arten reagieren sensibel hinsichtlich des GVO-Prüfpunktes
	2 = mittel	Arten reagieren mutmaßlich weniger sensibel (z.B. wegen polyphager Ernährungsweise) oder nur wenige Arten innerhalb der Tiergruppe sind betroffen (z.B. bei Landschnecken)
	1 = gering	keine direkten Reaktionen auf Prüfpunkte zu erwarten
<b>Stetigkeit</b>	2 = ein höherer Anteil von Arten tritt in hoher Stetigkeit auf	-
	1 = neben steten auch zahlreiche unstete Arten	-
<b>Kenntnisstand</b>	3 = sehr gut	Autökologie und Verbreitung in Deutschland sehr gut erforscht
	2 = gut	bekannt, doch Kenntnislücken für einzelne Arten
	1 = mäßig bis schlecht	wenig zu Autökologie und Verbreitung bekannt
<b>Methodische Erfassung</b>	3 = gut erfassbar	Erfassungsmethode liefert quantitative Daten bei vergleichsweise geringem Aufwand
	2 = mäßig gut erfassbar	Erfassungsmethode liefert nur eingeschränkt quantitative Daten
	1 = schlecht erfassbar	Erfassungsmethode liefert nur qualitative Daten bzw. Arten werden nicht ausreichend erfasst
<b>Determinationsaufwand</b>	3 = gering	Arten sind relativ leicht bestimmbar, auch im Gelände
	2 = mittel	mittlerer Aufwand für Determination, hoch bei einzelnen Arten
	1 = hoch	Determination nur durch gut eingearbeitete Spezialisten möglich und/oder zeitaufwändig

In Tab. 10 werden die Tiergruppen in Phytophage, Zoophage und trophisch nicht klar trennbare Taxa (aus Phyto-, Zoo- bzw. Saprophagen zusammengesetzt) eingeteilt. Jedem Taxon wird ein Punktwert aus Tab. 9 zugewiesen, wobei für das Kriterium „Sensitivität für GVO-Prüfpunkte“ der Wert mit dem Faktor 3 multipliziert wird, um die große Relevanz dieses Kriteriums für die Berücksichtigung von GVO-Parametern in der ÖFS quantitativ zum Ausdruck zu bringen.

**Tab. 10: Evaluationsergebnis für die Tiergruppen**

Summenwert	Art- bzw. Artengruppe	GVO-Sensitivität (Punktwert x 3)	Stetigkeit in Raum und Zeit	Kenntnisstand	Methodische Erfassung	Determination
<b>Phytophage</b>						
16	Tagfalter	6	1	3	3	3
15	Rüssel- und Blattkäfer	9	2	1	2	1
13	Blattläuse	9	1	1	1	1
9	Wild- und Honigbienen	3	1	3	1	1
<b>Zoophage</b>						
14	Florfliegen	6	1	3	1	3
13	aphidophage Marienkäfer	6	1	2	1	3
12	Spinnen	6	1	2	2	1
10	zoophage Wanzen	3	1	2	3	1
<b>Phyto-, Zoo- und Saprophage</b>						
16	Laufkäfer*	9	1	3	2	1

\* = in den Gattungen *Amara*, *Harpalus*, *Zabrus* treten phytophage Arten auf

Die Einschätzung und Vergabe der Punktwerte im Einzelnen stützt sich auf eigene Kenntnisse zu den Tiergruppen (vgl. Hildebrandt 1995) und wird nachfolgend näher erläutert:

1. **GVO-Sensitivität:** Rüssel- und Blattkäfer sowie Blattläuse sind im Rahmen eines Biodiversitätsmonitoring besonders sensitiv: Aufgrund ihres Artenreichtums und des hohen Anteils Mono- und Oligophager können sie in ihrer Diversität besonders stark betroffen werden, falls die Beikraut-Diversität aufgrund von HR-Techniken zurückgeht. Bei Tagfaltern und Wild- bzw. Honigbienen sind die Spezialisierungsgrade hinsichtlich Wirtspflanzenarten weniger ausgeprägt.

Auch die direkt an Maisstängeln, -blättern oder -wurzeln lebenden Tiergruppen (insbesondere Tagfalter, Rüssel- und Blattkäfer) sowie Wild- und Honigbienen als Pollensammler sind der toxischen Wirkung von B.t.-Mais in starkem Maße ausgesetzt, während Blattläuse als Phloemsauger mit B.t.-Pollen kaum in Berührung kommen und nach bisherigem Wissensstand weniger betroffen werden.

Indirekte Wirkungen von GVO auf Antagonisten sind auf die im Vegetationshorizont lebenden (zoophagen) Florfliegen und aphidophage Marienkäfer zu erwarten, da sie von einer Reduktion ihrer phytophagen Beutetiere betroffen sind. Radnetzbauende Spinnen sind in Biotopen wie Äckern in nur geringen Abundanzen bzw. Stetigkeiten zu erwarten, da die Vegetationsstruktur häufig gestört bzw. abgeerntet wird. Die wenigen Radnetzspinnenarten, die in Äckern anzutreffen sind, nutzen zudem ein breites Nahrungsspektrum, sodass sie Ver-

schiebungen in der Nahrungskette eventuell kompensieren könnten. Die epigäische Arten unter den Spinnen sind in Äckern in hohem Grade euryök (HEYDEMANN & MEIER 1983).

Die epigäische Laufkäferarten ernähren sich nicht nur von Phytophagen im Acker, sondern z.B. auch von Collembolen oder Enchyträen im Boden (THIELE 1977). Deshalb werden sie mutmaßlich weniger stark von Dezimierungen der Phytophagen betroffen als solche zoophagen Taxa, die auf Beutetiere im Vegetationshorizont angewiesen sind.

Da sich die epigäische Laufkäferarten nicht nur von Phytophagen im Acker, sondern z.B. auch von Collembolen oder Enchyträen im Boden ernähren (THIELE 1977), werden sie mutmaßlich weniger stark von Dezimierungen der Phytophagen betroffen als Zoophage, die sich von Tieren im Vegetationshorizont ernähren.

Libellen und Amphibien dringen nur in geringem Maße in Acker-Ökosysteme vor, es sei denn, dort finden sich offene Wasserstellen bzw. windgeschützte Bereiche (BLAB 1986, DREYER 1986).

2. **Stetigkeit:** In den meisten höheren Taxa treten stete und unstete Arten gleichermaßen auf. Insgesamt ist die Stetigkeit für die vorliegende Monitoring-Aufgabe ein nur eingeschränkt taugliches Kriterium, da ackerbesiedelnde Arten häufig durch hohe Mobilität bzw. Unstetheit gekennzeichnet sind. Die Dispersionsneigung der Arten bestimmt entscheidend, ob ein Taxon als stetig oder nicht eingestuft wird. Generell dominieren z.B. unter den Laufkäfern gut flugfähige Arten in gewässernahen Bereichen oder Äckern (HEYDEMANN 1997). Unter den Tagfaltern treten ausgesprochen wanderfreudige Arten auf wie z.B. *Issoria lathonia* (WEIDEMANN 1988).

3. **Kenntnis zur Biologie und Ökologie:** Tiergruppen, zu denen ausreichend exakte Informationen über die Habitatansprüche vorliegen, sind i.d.R. die weniger artenreichen bzw. leichter determinierbaren Taxa, die im Rahmen der Landschaftsplanung häufig bearbeitet werden. Besonders schlecht ist der Kenntnisstand zu artenreichen, schwieriger determinierbaren Taxa wie phytophagen Käfern und Blattläusen. Zu ihnen liegen allerdings zur Wirtspflanzenbindung recht gute Kenntnisse vor (HILDEBRANDT 1995).

4. **Methoden:** Hinsichtlich der methodischen Erfassbarkeit greifen wir auf die Vorschläge für das ÖFS-Monitoring (STATISTISCHES BUNDESAMT & BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2000) zurück. Danach sind unter den Phytophagen insbesondere Tagfalter gut erfassbar, andere Taxa wie Blattläuse dagegen nur mit großem methodischem Aufwand (in Form von Saugproben oder Einzelblatt-Absammlungen) bzw. nur mit qualitativen Methoden (Farbschalen). Nach der Evaluation der Taxa in Tab. 10 erweisen sich die Tagfalter und die Laufkäfer (mit Summenwerten von jeweils 16) als besonders geeignet, im Rahmen der ÖFS fehlende Prüfpunkte für ein GVO-Monitoring abzudecken. Diese Tiergruppen sind bereits in der „Optimalvariante“ der ÖFS vorgesehen und ihre gute Indikationsfunktion ist dokumentiert (z.B. TRAUTNER 1992). Tagfalter und Laufkäfer eignen sich besonders gut, die Prüfpunkte hin-

sichtlich der Wirkungen von GVO auf die Nahrungsnetzbeziehungen abzudecken. Die Prüfpunkte, die im Konzept der Ad hoc-AG (2004) bisher unberücksichtigt blieben, wären also durch eine Modifikation der Basisvariante der ÖFS (im Sinne einer Erweiterung) um diese beiden Indikatorgruppen relativ leicht zu erfüllen.

### **4.3 Konzept für die Umsetzung des GVO-Monitoring**

#### **4.3.1 Umsetzung des GVO-Monitoring über ÖFS und andere Messprogramme**

In Kap. 4.2.2 wurden Prüfpunkte des GVO-Monitoring identifiziert, die grundsätzlich im Rahmen der Basisvariante ÖFS einschließlich GVO-spezifischer Erweiterungen umgesetzt werden können (Tab. 6). Mit einem kurzen Überblick haben wir gezeigt, dass nicht alle diese Punkte in bisher existierenden Umsetzungskonzepten des GVO-Monitoring berücksichtigt werden. Aus Kostengründen und zur effektiven Ausnutzung bestehender Messnetze und Beobachtungszusammenhänge sollte hier auch grundsätzlich geprüft werden, ob fehlende bzw. geeignete Daten aus anderen Messnetzen zusammengeführt und integriert ausgewertet werden können. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die in anderen Messnetzen erhobenen Daten als Parameter für GVO-Prüfpunkte möglichst gut geeignet sind. Die Eignungsprüfung muss darüber hinaus auch andere Aspekte des GVO-Monitoring berücksichtigen wie Methoden, Erhebungen, Erhebungsdesign, Organisation und Auswertung (s. Kap. 4.1). Dabei wird ein schrittweises Vorgehen empfohlen:

1. Verfügbare Erhebungsdaten beschaffen.
2. Datenqualität, -umfang sowie die Repräsentanz des Messnetzes prüfen.
3. Ggf. Maßnahmen zur Anpassung und Ergänzung (Methodenerweiterungen, -modifikationen, Messnetzumfang, Harmonisierung von Erhebungsmethoden) initiieren.
4. Bei Eignung anderer Messnetze (partielle) Zusammenlegung von Messorten verschiedener Messnetze initiieren (integrierte Messstellen).

Nur wenn die Kriterien nachweislich nicht erfüllt sind bzw. mögliche Maßnahmen zur Anpassung und Erweiterung (Methode, Messumfang) sich als nicht umsetzbar erweisen, ist eine Erweiterung des ÖFS-Konzepts um entsprechende GVO-spezifische Parameter vertretbar.

In Tab. 11 geben wir - vorbehaltlich einer solchen Prüfung - einen Überblick über die aus gegenwärtiger Sicht bestehenden Möglichkeiten, geeignete GVO-Parameter über die Basisvariante ÖFS und GVO-spezifische Erweiterungen abzudecken. Darüber hinaus fasst Tab. 11 zusammen, welche bereits bestehenden Messnetze, Erhebungsprogramme oder Dokumentationsnetze geprüft werden sollten. Auch hier zeichnet sich bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt ab, dass GVO-spezifische Erweiterungen in diese Messnetze eingebaut werden müssen.

Die Übersicht belegt, dass mit der ÖFS-Basisvariante bereits wichtige Aspekte des GVO-Monitoring berücksichtigt werden. Über die GVO-spezifischen Erweiterungen der ÖFS, die

sich in großen Teilen mit dem Vorschlag der Ad hoc-AG (2004) bzw. des Handlungskonzepts aus Nordrhein-Westfalen (MUNLV-NRW 2003) decken, werden weitere wichtige Prüfpunkte abgedeckt. Die Erhebung einer ganzen Reihe von anderen Fragestellungen erscheint grundsätzlich über andere, bereits bestehende Messnetze möglich. Dabei ist im Detail zu prüfen, ob sich die im Rahmen der Messprogramme verwendeten Methoden oder der Erhebungsumfang eignen. Die Übersicht in Tab. 11 schließt auch die Prüfpunkte mit ein, die sich nicht primär für eine Aufnahme in die ÖFS eignen (siehe Tab. 7).

**Tab. 11: Prüfpunkte des GVO-Monitoring und die mögliche Umsetzung im Rahmen der ÖFS und anderer Messnetze**

Unterschieden wird die Umsetzung im Rahmen der ÖFS bzw. über Erweiterungen der ÖFS oder nach Eignungsprüfung und entsprechenden Erweiterungen in bestehenden Messprogrammen und Beobachtungszusammenhängen

Schutzziele (Problembereich)	Prüfpunkte	Abdeckung im Rahmen von		
		ÖFS		Messnetze zur Eignungsprüfung oder Neu- einrichtung
		Basis- varian- te	Erweite- rungen	
<b>Schutz der Umwelt</b> (Basisdaten Belastungssituation)	Verbreitung von Transgenen und – kombinationen in - Kulturpflanzen - Kreuzungspartnern - Saatgut - Pollen - Wirbeltierkot, Kläranlagen Landschaftsstrukturelle Diversität	ÖFS Ebene I	Transgen- nachweis*	Saatgutkontrolle Pollenmessnetze +Transgennachw. Neue Messnetze
	Verbreitung von GVO-Anbau  Änderung der Anbautechnik			GVO- Standortregister Messnetze Pflanzenschutzdienste, BSA Schlagkarteien der Landwirte/innen
	Wirkung der reduzierten Beikrautflora auf Boden- denosion			Neues Messnetz?
	Verbreitung von Transgenen und – kombinationen im Boden Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden im Boden			BDF + Transgen- /Biozidnachweis
	Verbreitung von Transgenen und – kombinationen in Gewässern Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern		ÖFS <sub>Gewässer</sub> Transgen- /Biozidnach- weis	Gewässermess- netze z.B. nach Wasserrahmen- richtl.
<b>Schutz der Menschl. Gesundheit</b> (Umweltwirkungen auf menschl. Gesundheit)	Frequenz und Verbreitung von Allergien der Atemwege			Neues Beobach- tungsgnetz Aller- gieregister

Schutzziele (Problembereich)	Prüfpunkte	Abdeckung im Rahmen von		
		ÖFS		Messnetze zur Eignungsprüfung oder Neu- einrichtung
		Basis- varian- te	Erweite- rungen	
<b>Erhalt der Biodiversität, Sicherung der nachhaltigen Landwirtschaft</b> (Invasivität)	Verhalten (Verwilderung, Ausbreitung und Etablierung) der transgenen Kulturpflanzen Verhalten (Etablierung und Ausbreitung) der Hybride	ÖFS Ebene II	Populationskartierung von Zielarten	
<b>Sicherung der nachhaltigen Landwirtschaft, Erhalt der Biodiversität</b> (Herbizid-resistenz-technik)	Zustand der Ackerbegleitflora, der Ackerrandflora und der Diasporenbank Direkte Herbizidwirkung auf Wirbellose Indirekte Wirkung auf Pollenfresser/ Blütenbesucher unter den Wirbellosen Indirekte Wirkung auf phytophage Zielarten an Beikraut	ÖFS Ebene II	Flora: Populationskartierung von Zielarten, Diasporenbank Fauna: z.B. Tagfalter, Laufkäfer	
(Toxische und andere Wirkungen auf Phytophage)	Transgenvermittelte Wirkung auf phytophage Zielarten an der Kulturart			Pflanzenschutzdienste +weitere Parameter
(Verbreitung von toxisch wirkenden Substanzen)	Transgenvermittelte Wirkung auf pollenfressende Wirbellose		Weitere Artengruppen: z.B. Tagfalter	
(Kumulative Nahrungsketteneffekte)	Indirekte Wirkungen auf Antagonisten unter den Wirbellosen		Weitere Artengruppen: z.B. Laufkäfer	
	Wirkungen auf beikraut-, samen- und insektenfressende Wirbeltiere und ihre Prädatoren	ÖFS Ebene II		
(Verlust von Kulturarten- und Sortenvielfalt)	Anzahl und Zusammensetzung verwendeter Kulturarten und Sorten			Bundessortenamt (Liste, Vermehrung) und ggf. bundesweite Verkaufstatistik
<b>Erhalt der Bodenfunktionen</b> (Bodenphysikalische und –chemische Parameter)	Indirekte Wirkungen bzw. Wirkung der HR-Strategie auf Bodenphysik und Chemie			BDF
(Bodenmikrobiologische Parameter)	Transgen- bzw. biozidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen oder durch veränderte genetische Ausstattung herbeigeführte Änderung von Zusammensetzung und Funktionen von Mikroorganismen			Erweiterte BDF
(Bodenzoologische Parameter)	Transgen- bzw. Herbizidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen auf Zusammensetzung und Funktionen der Bodenfauna			BDF
<b>Schutz der Gewässerfunktionen</b> (Toxische Wirkungen)	Wirkung von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern auf in Gewässern lebende Organismen		ÖFS <sub>Gewässer</sub> +Wasserpflanzen, Tierarten	Gewässermessnetze, z.B. nach Wasserrahmenrichtl.

Schutzziele (Problembereich)	Prüfpunkte	Abdeckung im Rahmen von		
		ÖFS		Messnetze zur Eignungsprüfung oder Neu- einrichtung
		Basis- varian- te	Erweite- rungen	
<b>Pflanzenschutz</b> (Phytopathogene Wirbellose, Virale Phyto-pathogene, Resistenzent- wicklung)	Befall der Kulturpflanze mit phytopathogenen Wirbellosen Befall durch virale Phytopathogene und Be- fallsausprägungen an Kulturpflanze und Kreuz- ungspartnern Auftreten von Behandlungsresistenten Schad- insekten, Durchwuchs, Ackerbeikräutern			Pflanzenschutz- dienste + Trans- genscreening, Resistenzentwick- lung Maiszünsler, Zielarten

\* Transgenscreening bei Kulturarten und Kreuzungspartnern kann nur im Zusammenhang mit einer Probenahme im Zuge einer Populationskartierung entsprechender Zielarten realisiert werden (siehe Umsetzungsmodul Flora und Vegetation im folgenden Kapitel)

#### 4.3.2 Modularer Aufbau der Umsetzung des GVO-Monitoring

Im vorangehenden Abschnitt haben wir gezeigt, dass ein GVO-Monitoring potenziell im Rahmen verschiedener Messnetze umgesetzt werden kann. Der Prozess der Umsetzung wie auch die Eignungsprüfung verfügbarer Messnetze wird sich erfahrungsgemäß schrittweise vollziehen. Daher bietet sich die Umsetzung des GVO-Monitoring über ein modulares Konzept an. Einen tabellarischen Überblick über die von uns vorgeschlagenen Umsetzungsmodule gibt Tab. 1 (S. 4). Im Folgenden beschreiben wir zunächst Umsetzungsmodule, die in unmittelbarem Bezug zur ÖFS stehen. Die Basisvariante der ÖFS deckt dabei die Module Flora und Vegetation sowie Fauna I (Brutvögel) ab. Das Modul Fauna II (Tagfalter, Laufkäfer in Ackerbiotopen) kann aus Teilen der „Optimalvariante“ der ÖFS umgesetzt werden (Kap. 3). Die Erhebungen im Rahmen der ÖFS sind in einem Turnus von fünf Jahren vorgesehen, wobei es zu jährlich gestaffelten Beprobungen auf je einem Fünftel des Gesamtstichprobenumfangs kommen soll (s. Kap. 4.2). Eine weitere Gruppe von Modulen deckt die Beobachtung anderer Umweltmedien ab oder bezieht sich auf Erhebungen, welche in anderen Zusammenhängen stattfinden. Durch mittelfristig zu erwartende weitere GVO-Zulassungen kann es notwendig werden, bereits bestehende Module zu erweitern.

Zu allen Umsetzungsmodulen nennen wir im Folgenden Schutzziele und Prüfpunkte und schlagen meist Parameter vor, für die wir Raumbezug und Erhebungsfrequenz angeben. Soweit möglich, machen wir Angaben zu Methoden und zum Messnetz. Allerdings gilt generell, dass hinsichtlich der Methoden und Auswertungsmöglichkeiten derzeit eine große unbestimmte Vielzahl von Möglichkeiten im Raume steht, deren Prüfung zurzeit noch aussteht. Nur in Einzelfällen diskutieren wir, welche relevant und praktikabel sind, da eine vollständige Aufarbeitung von Methoden- und Auswertungsaspekten den Arbeitsauftrag dieser Studie überschritten hätte. Zu allen Umsetzungsmodulen geben wir Empfehlungen und zeigen Handlungsbedarf auf.

#### 4.3.2.1 Umsetzungsmodul Transgen-Verbreitung I (Belastungsfaktoren)

Dieses Umsetzungsmodul enthält wichtige GVO-spezifische Belastungsfaktoren und ist damit allgemein dem Ziel Schutz der Umwelt zuzuordnen. Die Prüfpunkte beziehen sich auf die Verbreitung der GVO-Anbauflächen und der von Transgenen bzw. -kombinationen in Pflanzenindividuen, Saatgut und Pollen. Tab. 12 listet einige Prüfpunkte dieses Moduls jeweils mit Parametern, Raumbezug, Frequenz und Angaben zu Methode und Messnetz auf. Weitere Prüfpunkte des Moduls beziehen sich auf die „Verbreitung von Transgenen und Transgenkombinationen in Boden“ sowie die „Verbreitung von Transgenen und Transgenkombinationen in Gewässersedimenten“, deren Umsetzung in den entsprechenden Modulen „Boden“ und „Gewässer“ beschrieben wird.

**Tab. 12: Prüfpunkte, Parameter und mögliche Umsetzung von zentralen Belastungs-/Basisfaktoren des GVO-Monitoring**

Prüfpunkte	Verbreitung von GVO-Anbau	Verbreitung von Transgenen und Transgenkombinationen in:		
		Kulturpflanzen und Kreuzungspartnern	Saatgut	Pollen
Parameter	Erhebung von GVO-Anbauflächen (Zeitpunkt, Lage, Geometrie, GVO)	Entnahme von Blatt-sammelproben und deren qualitative wie quantitative Analyse	Entnahme von Samen(sammel)proben und deren qualitative und quantitative Analyse	Entnahme von Pollen(sammel)-proben und deren qualitative und quantitative Analyse
Raumbezug	Flächendeckend			
Frequenz	Kontinuierlich	5 Jahre (gestaffelte Beprobung), ggf. jährlich	Jährlich 20-50 Proben pro Bundesland	Mindestens während Blühperiode der Kulturpflanzen, Kriterien für häufigere Beprobung sind festzulegen
Methode	Mindestanforderungen werden gesetzlich festgelegt	Probenahme-protokoll NRW*, Analytik: PCR, Chip-Technologie, Real time PCR (z.B. TaqMan™ – Assay)	Probenahmemethoden**, Analytik: PCR, DNA-Chip-Technologie, Real time PCR	Probenahme über Pollensammler***, Analytik: PCR, DNA-Chip-Technologie, Real time PCR
Messnetz / mögliche Umsetzung im Rahmen von	GVO-Standortregister	Probenahme im Rahmen der Populationskartierung (Modul Flora und Vegetation)	stichprobenhafte Kontrollproben im Rahmen der Überwachung des Saatgutverkehrsgesetzes	Proben aus bestehenden Pollenmessnetzen (Eignungsprüfung der Messnetze, technische Aufrüstung der Sammler)

\* Probenahmeprotokoll Staatliches Veterinäruntersuchungsamt Krefeld (E-Mail: naumann@svua-krefeld.nrw.de)

\*\* Methoden 1) Unterausschuss Methodenentwicklung unter: <http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/gen/oeffentlich/uamneu.htm>  
2.) Empfehlung der Kommission unter: [http://europa.eu.int/lex/lex/LexUriServ/site/de/oj/2004/l\\_348/l\\_34820041124de00180026.pdf](http://europa.eu.int/lex/lex/LexUriServ/site/de/oj/2004/l_348/l_34820041124de00180026.pdf)

\*\*\* Zur Eignung von Pollensammeltechniken und Analytik für ein GVO-Monitoring siehe Hofmann et al. (2005). Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass neben der hier beschriebenen Möglichkeit der Nutzung von technischen Pollensammlern auch die Verwendung von biologischen Pollensammlern (Bienen) und die entsprechende Beprobung von Honig in der Erprobung ist (z.B. in NRW).

Im Konzept der ÖFS ist eine Erhebung von Belastungsfaktoren des GVO-Monitoring nicht vorgesehen. Von den in Tab. 12 genannten Prüfpunkten und Parametern lässt sich insbesondere die Verbreitung von Transgenen und –kombinationen in Kulturarten und Kreut-

zungspartnern im Rahmen einer erweiterten ÖFS erfassen. Ein Teil der genannten Prüfpunkte weist allerdings erhebungstechnisch nur wenig Überlappung mit der ÖFS und Erweiterungen auf. Da die Charakterisierung der Belastungssituation jedoch ein essentieller Bestandteil von Umweltmonitoring ist und die zentrale Bezugsgröße für potenzielle GVO-Wirkungen darstellt, wird dieses Modul hier an prominenter Stelle aufgeführt.

Einige Punkte in Tab. 12 werden im Folgenden weiter erläutert.

**Nachweis von Transgenkombinationen** in Kulturpflanzen und Kreuzungspartnern: Werden in einem pflanzlichen Individuum (wozu auch Samen bzw. Pollenkörner gehören) mehrere Transgene nachgewiesen, so liegen Transgenkombinationen vor. Um diese molekulargenetisch nachweisen zu können, müssen die bisherigen Konzepte zur Erhebung von Sammelproben erweitert werden. Denn bei Sammelproben lässt sich nicht unterscheiden, ob ggf. zwei in einer Probe nachgewiesene Transgene aus ein und derselben Pflanze stammen oder aus zwei verschiedenen Individuen. Bei der in Nordrhein-Westfalen angewandten Beprobungsmethode wird bereits das Pflanzenmaterial nach Populationen und Arten getrennt. Wird in den Sammelproben mindestens ein Transgen nachgewiesen, kann eine nach Populationen und Arten differenzierte Analytik nachgeschaltet werden. Den konkreten Nachweis von Mehrfach-Transgenen ermöglicht allerdings erst eine nach Einzelpflanzen differenzierte Probenahme.

Gegenüber Blatt- und Samenproben gilt für Pollenproben, dass der Nachweis von Transgenkombinationen nur mit hohem Aufwand zu führen ist.

**Standortregister:** Gesetzliche Grundlage des Standortregisters ist das Gentechnikgesetz. Danach muss der Anbau von GVO-Sorten drei Monate vor der Aussaat flurstückgenau angezeigt werden. Für eine Verrechnung von Messdaten des GVO-Monitoring ist es unerlässlich, die genauen Geodaten der jeweiligen Anbauflächen und Freisetzungsf lächen zu erfassen und vorzuhalten.

**Saatgutüberwachung:** Saatgut stellt eine zentrale Quelle zur Verbreitung von Transgenen und – kombinationen dar. Alle Bundesländer (außer einigen Stadtstaaten) untersuchen stichprobenweise, ob kommerziell verfügbares Saatgut GVO-Anteile enthält. Dies geschieht im Rahmen der Überwachung des Saatgutverkehrsgesetzes als Teil der behördlichen Überwachungstätigkeit. Der Probenumfang schwankt (je nach Bundesland und Jahr) zwischen ca. 20 und 50 Proben pro Bundesland. Die Probenahme erfolgt im Wesentlichen nach den Methoden des Unterausschuss Methodenentwicklung. Inzwischen liegt auch eine entsprechende Beprobungsempfehlung der EU vor. Für die Analytik werden in den Bundesländern zwei verschiedene Ansätze verwendet (Subsampling mit anschließender PCR-Analyse bzw. Real time PCR mittels eines TaqMan™ – Assay). Es gibt Hinweise, dass im Zusammenhang mit diesen beiden Analyseansätzen unterschiedliche Vollzugsschwellenwerte zur Anwen-

dung kommen (Subsampling 0,0% bei gegebener Messgenauigkeit von 0,03% bzw. Taq-Man™ 0,1%), Vorgehensweisen und Verfahren werden derzeit abgestimmt.

**Transgenscreening von Pollen:** In Nordrhein-Westfalen wurden 2004 drei Pollensammler aufgestellt und beprobt. Methoden und Ergebnisse der molekulargenetischen Analyse wurden im Frühjahr 2005 vorgestellt. Dabei wurden jeweils Proben zur Ermittlung von Pollenzahlen und Artenverteilung (Passivsammler Sigma-2, 2-wöchig) sowie zur molekulargenetischen Analyse (Pollennmassenfilter, 4-wöchig) gewonnen. Eine Mindestanforderung an ein GVO-Screening stellt die Analyse von Proben dar, die während der Hauptblühphasen von Raps und Mais gewonnen wurden. Auf Grund der hohen Sensitivität dieser Screening-Methode dürften mit zunehmendem GVO-Anbauanteil Messungen während der Blühphasen der entsprechenden Kulturpflanzen immer positiv sein. Während in Blühphasen Aussagen über das reale Transgenspektrum gemacht werden können, ermöglichen Messungen ausserhalb von Blühphasen Hinweise, dass eine Ausbreitung von Transgenen in Wildpflanzen oder verwilderte Kulturarten stattgefunden hat. Bei der Konzeption solcher Erhebungen sind die von Hofmann et al. (2005) gegebenen Hinweise zu Messgenauigkeit und Aussagesicherheit der Erhebungsmethoden zu beachten.

Für ein flächendeckendes Screening der Transgenverbreitung über Pollen ist die Eignung bestehender Pollenmessnetze zu überprüfen. Gesichert ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt, dass die in diesen Pollenmessnetzen verwendeten Pollensammler für die entsprechende Probenahme nicht geeignet sind.

## **Empfehlungen**

1. **Differenzierung der Probenahme bei positivem Transgenbefund.** Im Falle von positiven Befunden sollte zunächst nach Populationen und anschließend nach Individuen differenziert analysiert werden. Die Beprobungsfrequenz sollte grundsätzlich nach Auftreten der ersten transgenen Wildpflanzen auf einen jährlichen Turnus erhöht werden. Die Analyse kann nach wie vor gestaffelt zunächst an Sammelproben durchgeführt werden.
2. **Optionen für die Nutzung von bestehenden Pollenmessnetzen.** Sollte sich die grundsätzliche Eignung von Pollenmessnetzen für die Gewinnung von Pollensammelproben herausstellen, muss geklärt werden, ob die Sammler technisch aufgerüstet werden können. Ggf. können den von Hofmann et al. (2005) genannten Anforderungen mit geringem Aufwand Rechnung getragen werden. Weiterhin muss geklärt werden, welche Strategien über Frequenz und Zeitraum der Erhebungen verfolgt werden sollen und in wieweit diese technisch umsetzbar sind.

## **Handlungsbedarf**

Saatgutverkehrskontrolle und bestehende Pollenmessnetze sind auf ihre grundsätzliche Eignung für ein Transgen-Screening zu überprüfen. Für eine Verwendbarkeit der Erhebungs-

und Analyseergebnisse aus der Saatgutüberwachung ist es essentiell, dass die Analytik auf die Erfassung realer GVO-Gehalte ausgerichtet ist und nicht ausschließlich auf die Einhaltung von Vollzugsschwellenwerten. Um die sich hier ergebenden Synergiepotenziale zukünftig nutzen zu können, ist es ggf. erforderlich die Belange des GVO-Monitoring rechtzeitig in derzeit stattfindende Abstimmungsverfahren einzubringen. Für die bestehenden Pollenmessnetze muss geprüft werden, ob eine technische Aufrüstung der Sammler kostengünstig erfolgen kann.

#### **4.3.2.2 Umsetzungsmodul Flora und Vegetation**

Dieses Umsetzungsmodul sieht die Erhebung floristischer und vegetationskundlicher Parameter vor, mit denen die Schutzziele „Erhalt der Biodiversität“ und „Sicherung der nachhaltigen Landwirtschaft“ überwacht werden sollen. Im Rahmen des Problembereichs „Invasivität“ treten die Prüfpunkte „Verhalten (Verwildering, Ausbreitung und Etablierung) der transgenen Kulturpflanzen“ sowie „Verhalten (Etablierung und Ausbreitung) der Hybride“ auf. Der Problembereich „Herbizidresistenztechnik“ soll über Veränderungen des Zustandes der Ackerbegleitflora, der Ackerrandflora und der Diasporenbank in Folge der Anwendung von Herbiziden und Totalherbiziden geprüft werden.

Das ÖFS-Konzept sieht für den Indikator Flora als Minimalprogramm (Statistisches Bundesamt & Bundesamt für Naturschutz 2000) in 21 Biotoptypen in 5-jährigem Abstand je eine Vegetationsaufnahme vor. Bei vorgeschlagenen 30 Wiederholungen pro Biotoptyp und Gebietsvariante sind so innerhalb dieses Zeitraums auf den ca. 1000 ÖFS-Flächen insgesamt 12510 Erhebungsplots einzurichten, um die Blütenpflanzen zu erfassen. Für Moose und Flechten sowie zu den weiteren Bestandsschichten (Baum-, Strauch-, Krautschicht sowie offener Boden) soll je eine Angabe zur Gesamtdeckung gemacht werden. Drei phänologisch typische Arten sind in ihrem Entwicklungsstand zu charakterisieren.

Das vorgeschlagene Programm eignet sich weitestgehend auch zur Abdeckung der Prüfpunkte des GVO-Monitoring. Ein besonderes Augenmerk ist jedoch auf eine mögliche Etablierung von transgenen Kulturpflanzen sowie deren Hybride mit Kreuzungspartnern zu richten. Daher sind regionalspezifisch bei transgenem Raps und transgenen Zuckerrüben insbesondere folgende Kreuzungspartner zu berücksichtigen:

- *Brassica rapa* – Rübsen,
- *Brassica juncea* - Sarepta-Senf,
- *Brassica oleracea* – Kohl,
- *Brassica nigra* – Schwarzer Senf,
- *Raphanus raphanistrum* – Hederich,
- *Diploaxis muralis* – Mauer-Doppelsame,
- *Diploaxis tenuifolia* – Schmalblättriger Doppelsame,

- *Eruca sativa* – Salattrauke,
- *Erucastrum gallicum* – Französische Hundsrauke,
- *Sinapis alba* – weißer Senf,
- *Sinapis arvensis* – Ackersenf,
- *Hirschfeldia incana* – Grausenf,
- *Raphistrum rugosum* – runzlicher Rapsdotter,
- *Raphanus sativum* – Radieschen,
- *Beta vulgaris* ssp. *maritima* – Wilde Rübe und Kulturvarietäten.

Um eine mögliche Etablierung von transgenen Kulturpflanzen und Hybriden verfolgen zu können, sind darüber hinaus Populationen dieser Zielarten auf der Gesamtheit der ca. 1000 ÖFS-Flächen flächendeckend zu kartieren. Hierbei sollten neben Individuenzahlen und einer phänologischen Charakterisierung auch Angaben zur Vitalität der Pflanzen gemacht werden. Dies stellt eine Erweiterung des ursprünglich im Rahmen der ÖFS vorgesehenen Programms dar. Es ist sinnvoll, Blattproben von Kulturpflanzen und Kreuzungspartnern (siehe Modul Transgenscreening I) im Zusammenhang mit der Populationskartierung zu entnehmen. Veränderungen der Samenbank können mittels der Bestimmung des Keimpotenzials über Diasporenbankuntersuchungen beobachtet werden.

Für Vegetationsaufnahmen sind im Rahmen der ÖFS 30 Wiederholungen pro Variante vorgesehen. Um bei diesem relativ geringen Umfang der Stichprobe Aussagen zu Veränderungen mit ausreichender Sicherheit machen zu können, könnte es notwendig werden, die Erhebungstechnik anzupassen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Vegetationsaufnahmen mit dem Ziel, die jeweilige Pflanzengesellschaft zu beschreiben, wird hier eine flächenrepräsentative Bestandsaufnahme angestrebt. Um das vorgefundene Spektrum abbilden zu können und die Variation innerhalb der Wiederholungen zu reduzieren, sollten daher Transekte entlang der größten Gradienten angelegt werden (siehe Elzinga et al. 2001). Die Lage der Erhebungsplots muss nach einheitlichen Kriterien vor der ersten Erhebung festgelegt und kartographisch festgehalten werden.

## **Empfehlungen**

### **1. Vegetationsaufnahmen und floristische Erhebungen**

In den floristischen Erhebungsbögen sollten die Zielarten des GVO-Monitoring explizit aufgeführt werden. Für die Vegetationsaufnahmen sollte der für die ÖFS gemachten Empfehlung gefolgt werden, die Einteilung nach Pfadenhauer et al. (1986) als Schätzskala zu verwenden. Eine Harmonisierung der verwendeten Methoden innerhalb der ÖFS (zwischen den Bundesländern) ist unerlässlich. Die methodische Anschlussfähigkeit an bereits vorhandene Messnetze ermöglicht Synergieeffekte. Vorhandene oder in Pilotstudien zu erfassende Datensätze sollten hinsichtlich der Variabilität der Daten untersucht werden. Die Erfassungsmethode

ist ggf. entsprechend anzupassen. Sollte dies nicht möglich sein, so muss die Anzahl der Wiederholungen pro Raumvariante erhöht werden.

## **2. Erweiterung der ÖFS**

In Erweiterung des ÖFS-Programms sollte eine Populationskartierung von Zielarten auf allen ÖFS-Flächen erfolgen. Diese sollte die Erfassung der Parameter Individuenzahl, Phänologie und Vitalität vorsehen und gleichzeitig zur Entnahme von Blattproben für eine molekulargenetische Charakterisierung genutzt werden.

### **Handlungsbedarf**

**Ziehung Biotoptypen.** Im Konzept der ÖFS ist vorgesehen, dass die Biotope, in denen biotische Erhebungen vorgenommen werden zufällig aus der Grundgesamtheit der kartierten Biotoptypen gezogen werden. Diese Ziehung muss noch erfolgen.

**Abstimmung und Optimierung der Vegetationsaufnahmen.** Im Rahmen von Pilotstudien bzw. Literaturlauswertungen ist zu prüfen, in welcher Weise über die Lage der Erhebungsplots die Variabilität so weit reduziert werden kann, dass bei einer Wiederholungszahl von 30 Plots Veränderungen statistisch nachweisbar sind.

**Schwellenwerte für relevante Veränderungen.** Die Schwellenwerte, ab wann Änderungen in den floristischen Parametern als relevant einzustufen sind, müssen noch festgelegt werden. Hier kann auf einschlägige Methodikhandbücher aus der Vegetationskunde zurückgegriffen werden (z.B. Dierschke 1994).

### **4.3.2.3 Umsetzungsmodul Fauna I (Brutvögel)**

Dieses Umsetzungsmodul sieht die Erhebung von Brutvögeln vor, um die Schutzziele „Erhalt der Biodiversität“ und „Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft“ zu überwachen. Im Rahmen des Problembereichs „kumulative Nahrungsketteneffekte, Endstufen“ ist als Prüfpunkt „Wirkungen auf beikraut-, samen- und insektenfressende Wirbeltiere und ihre Prädatoren“ abzudecken. Genau genommen werden in diesem Modul nicht nur Endstufen der Nahrungskette (carnivore Vögel), sondern auch herbivore Vogelarten einbezogen. Eine Erhebung, welche alle Vogelarten berücksichtigt, bezieht alle Trophiestufen innerhalb der Avifauna ein.

Im Konzept der ÖFS ist die Erhebung des Parameters Brutvögel auf der Gesamtheit der ca. 1000 Stichprobenflächen in fünf-jährigen Abständen vorgesehen. Sie soll mittels einer Revierkartierung (Bibby et al. 1995) erfolgen. Dabei werden die Vögel über sechs Begehungen von April bis Juni des Erhebungsjahrs jeweils in einem Zeitintervall von 3 - 4.5 h über Sichtbeobachtung und Verhören flächendeckend auf den Stichprobenflächen (100 ha) erfasst (Statistisches Bundesamt & Bundesamt für Naturschutz 2000). Nach dieser Methode wird

seit 1997 in Nordrhein-Westfalen auf 170 ÖFS-Flächen und zusätzlichen Vergleichsstandorten erhoben.

Seit 2004 koordiniert der Dachverband der Deutschen Avifaunisten (DDA) ein bundesweites Brutvogelmonitoring auf Basis von Laienarbeit. Die Erhebungen werden in jährlichen Abständen ebenfalls auf den ÖFS-Flächen durchgeführt (2004 deutschlandweit auf ca. 50% der Stichprobenflächen, 2005 bereits auf ca. 60% der Flächen). Die Erfassung erfolgt mittels einer Linienkartierung über vier Begehungen im Zeitraum von Mitte März bis Juni. Die Vögel werden ohne Vorgabe des zeitlichen Aufwandes entlang eines etwa 3000 m Transekts über Sichtbeobachtung und Verhören erfasst. Anfangspunkte und Verlauf des Transekts werden von den regionalen KoordinatorInnen vorab in Kartenwerk festgelegt. Das Transekt wird entlang von Wegen geführt und ist entsprechend der Nutzung links und rechts des Weges in Abschnitte eingeteilt. Die beobachteten Arten werden diesen Abschnitten zugeordnet (linearisierte Revierkarte nach Arten). Nach Angaben des BfN (mündl. Mitteilg. Herr Dröschmeister) soll es möglich sein, die Ergebnisse der beiden Kartiermethoden (Revierkartierung, Linienkartierung) über Faktoren in solche der jeweils anderen Methode umzurechnen.

## **Empfehlungen**

1. **Erhebungsmethode.** Sollte das vom DDA koordinierte bundesweite Brutvogelmonitoring zunehmend flächendeckend umgesetzt werden, so ist davon abzusehen, eine Parallelerhebung mittels der für die ÖFS ursprünglich vorgesehenen Methode der Revierkartierung anzustreben. Die vom DDA verwendete Methode der Linienkartierung ist international akzeptiert und wird häufig angewandt. Sehr vorteilhaft ist auch der vergleichsweise engere, jährliche Erhebungsrhythmus.
2. **Auswertung.** Erste Auswertungen von Erhebungen in Nordrhein-Westfalen (König 1999) haben gezeigt, dass eine Auswertung der Messdaten nach Gilden bzw. ökologischen (Funktions-)Gruppen die Qualität der Dateninterpretation erheblich verbessern kann. Bestandsschwankungen einzelner Arten, die nicht im Zusammenhang mit anthropogenen Eingriffen stehen, können nämlich teilweise durch andere Arten einer Gilde ausgeglichen werden. Die Daten von König (1999, 2003) zeigen auch, dass im Rahmen der ÖFS wertvolle Referenzdaten zu den in Schutzgebieten gewonnenen Daten erhoben werden.
3. **Differenzierte Auswertung von Vogelarten, die im Zusammenhang mit GVO-Wirkungen stehen können.** Einige Nahrungsgilden eignen sich gut, z.B. die Nutzungsintensität der offenen Kulturlandschaft zu charakterisieren. Dies kommt GVO-spezifischen Prüfpunkten wie einer veränderten Anbautechnik durch Totalherbizideinsatz entgegen. Besonders die in Äckern brütenden bzw. nach Nahrung suchenden Vogelarten

(s. dazu Liste in Kap. 6) sollten einer differenzierten Auswertung unterzogen werden, um im Sinne eines Frühwarnsystems mögliche GVO-Effekte anzuzeigen.

### Handlungsbedarf

Es muss abschließend entschieden werden, ob der ÖFS Parameter Brutvögel durch das bundesweite Brutvogelmonitoring des DDA umgesetzt werden soll. Ggf. ist zu überlegen, wie eine rasche Ausweitung dieses Beobachtungsansatzes auf alle ÖFS-Flächen unterstützt werden kann. Wie für das Modul Flora und Vegetation gilt auch hier, dass die Schwellenwerte zur Beurteilung von Änderungen noch festgelegt werden müssen.

#### 4.3.2.4 Umsetzungsmodul Fauna II (Tagfalter, Laufkäfer)

Dieses Umsetzungsmodul dient dazu, die Einhaltung der Schutzziele „Sicherung einer nachhaltigen Landwirtschaft“ zu überprüfen und ist mit dem übergeordneten Schutzziel „Erhalt der Biodiversität“ verknüpft. Die in diesem Modul abzudeckenden Problembereiche und Prüfpunkte (Tab. 13) haben unterschiedliche Raumbezüge.

**Tab. 13: Problembereiche, Prüfpunkte und Raumbezug der Parameter, die in Umsetzungsmodul „Fauna II“ zu erheben sind**

Problembereich	Prüfpunkt	Raumbezug
Toxische und andere Wirkungen auf Phytophage	Transgenvermittelte Wirkung auf phytophage Zielarten an der Kulturart	Acker
Kumulative Nahrungsketteneffekte	Indirekte Wirkungen auf Antagonisten unter Wirbellosen	Acker
Herbizidresistenztechnik	Direkte Herbizidwirkung auf Wirbellose Indirekte Wirkung auf Pollenfresser/ Blütenbesucher unter den Wirbellosen Indirekte Wirkung auf phytophage Zielarten an Beikraut	Acker und Ackerrand
Verbreitung von toxisch wirkenden Substanzen	Transgenvermittelte Wirkung auf pollenfressende Wirbellose	Acker bis flächendeckend

Die „transgenvermittelten Wirkungen auf phytophage Zielarten an der Kulturart“ können im Rahmen der ÖFS kaum überprüft werden, da keine kulturartenspezifischen Parameter erhoben werden (s. Kap. 4.2.1.). Ggf. sind jedoch andere Messnetze verwendbar wie die Messprogramme der Pflanzenschutzämter, in denen Erhebungen zu phytophagen Arten an Kulturpflanzen durchgeführt werden (BBA 2000).

Die in Kap. 4.2.3 dargestellte Evaluation stellt Laufkäfer auf Äckern und an Ackerrändern als gut geeignet heraus, um den Prüfpunkt „indirekte Wirkungen auf Antagonisten unter den Wirbellosen“ abzudecken. Über den Parameter Tagfalter können drei Prüfpunkte abgedeckt werden: 1) „Indirekte Wirkung auf Pollenfresser/ Blütenbesucher unter den Wirbellosen“, 2) „Indirekte Wirkung auf phytophage Zielarten an Beikraut“ und 3) „Transgenvermittelte Wirkung auf pollenfressende Wirbellose“. Beide Parameter sind auch in der Optimalvariante der

ÖFS als faunistische Indikatoren der Ebene II vorgesehen.

Für die Erhebung der Laufkäfer orientieren wir uns an der vom Statistischen Bundesamt & Bundesamt für Naturschutz (2000) empfohlenen Erfassungsmethodik und den empfohlenen Zeitintervallen. Diese sehen eine Erfassung der Laufkäfer über 6 Bodenfallen pro Transekt auf einer Länge von 50 m vor. Die Bodenfallen stehen im Abstand von 10 m und bestehen aus Glas (oder alternativ aus Plastik) und sind mit einem Regendach abgedeckt. Sie werden mit Rennerlösung gefüllt (Ethanol, Glycerin, Essigsäure, und Wasser im Verhältnis 40:20:10:30) und in zwei unterschiedlichen Zeiträumen im Gelände exponiert: a) Ende April bis Mitte Juni (Erfassung der Frühjahrsaktiven), b) Ende August bis Anfang Oktober (Erfassung der Herbstaktiven). Erhoben werden sollten die Parameter Individuensumme, Artenzahl und Häufigkeiten.

Laufkäfer werden nur in Offenflächen bearbeitet, worunter wir im Rahmen der ÖFS alle Landwirtschaftsflächen verstehen, die sich nach den Corine Land Cover Daten in folgende Typen teilen:

- Ackerflächen,
- Dauerkulturen,
- Grünlandflächen,
- Landwirtschaftsflächen heterogener Strukturen.

Hintermann & Weber (2004) haben die Zahl dieser Offenflächen bilanziert: Sie gehen dabei von 1.080 km-Quadraten der ÖFS-Stichprobenflächen aus, von denen 967 Flächen überhaupt Landwirtschaftsfläche (Acker- und Grünland) und 662 Flächen einen Anteil von Landwirtschaftsflächen mit > 30% Deckung aufweisen.

Der notwendige Beprobungsumfang kann derzeit noch nicht abschließend festgelegt werden. Vorausgesetzt 40 Wiederholungen reichen aus, um eine Veränderung der Parameter um 30% anzuzeigen so sind für alle 21 Standorttypen auf ÖFS-Flächen je 40 Beprobungstransekte anzulegen. Für den daraus resultierenden Gesamtbeprobungsumfang sei auf die folgenden Ausführungen zum Parameter Tagfalter verwiesen.

Für die Erhebung der Tagfalter muss aufgrund der hohen Mobilität der Adulti eine Methode eingesetzt werden, die einen möglichst großen Erfassungsraum zum Ziel hat. Wir beziehen uns im Folgenden auf die Standardisierte Transektmethode in Anlehnung an das britische „Butterfly Monitoring Scheme“ respektive an das Biodiversitätsmonitoring Schweiz (BDM). Diese verändert die im ÖFS-Konzept vorgeschlagenen Methode dahingehend, dass ein längeres Transekt (3 km statt 1,5 km) über einen kürzeren Zeitraum begangen werden soll. Nach Hintermann & Weber (2004) würden über einen langen Zeitraum zwar noch mehr Arten erfasst. Ein kürzeres, auf die höchsten Abundanzen adulter Schmetterlinge ausgerichtetes Zeitfenster hätte aber den Vorteil, dass sich die Beobachtungswahrscheinlichkeit der ein-

zelenen Arten erhöht und die Varianz in den Bestandesschätzungen vermindert. Veränderungen ließen sich sicherer nachweisen.

Demnach soll das Zeitfenster für die Erfassung der Tagfalter vom 30.06. bis zum 10.08. des Erhebungsjahres reichen. Innerhalb dieses Zeitraums sind drei Exkursionen durchzuführen. Zur Kartierung der Tagfalter wird ein 3-km-Wegtransekt innerhalb des 1 km-Quadrats angelegt, der möglichst diagonal durch das Quadrat verlaufen sollte. Dieses Transekt wird vor der ersten Erhebung festgelegt und kartographisch festgehalten. Zur Erhebung wird das Transekt sowohl auf dem Hin- wie dem Rückweg abgeschritten (Wegstrecke von 6 km). Weitere Details zur Transektmethode finden sich in Settele et al. (1999).

Das Konzept der ÖFS schlägt für alle biotischen Erhebungen einen einheitlichen Beprobungsumfang von 30 Wiederholungen vor. Wir folgen hier den Empfehlungen von Hintermann & Weber (2004). Danach sollte der Parameter „Individuensumme“ über eine Erhebung in 40 Stichprobenquadraten pro Standorttyp erfasst werden, um eine Abweichung der mittleren Individuensumme mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% feststellen zu können. Bei 21 Standorttypen ergibt sich so ein Gesamtumfang von 840 Einzelerhebungen, wobei nach Abschätzungen von Hintermann & Weber (2004) für 7 Standorttypen zusätzliche ÖFS-Quadrate bzw. Transekte genutzt werden müssten. Die Autoren erwarten, dass sich aus dieser Erhebung zusätzlich Aussagen über eine Veränderung der mittleren Artenzahl ableiten lassen, wenn der Raumbezug auf die Landschaftstypen erweitert wird.

Abschließend sei auf die 2004 begonnene Transekt-Erfassung im Rahmen des Tagfalter-Monitoring Deutschland (<http://www.tagfalter-monitoring.de>) hingewiesen. Von Laien werden hier mindestens 200m lange Wegtransekte von Mitte März bis Ende September wöchentlich begangen. Bei jeder Exkursion wird in 50m-Abschnitten die Anzahl beobachteter Tagfalter beidseitig bis in 2,50 m Entfernung des Weges nach Arten erfasst. Die BearbeiterInnen wählen sich ihre Transekte und dessen Verlauf frei aus. Entsprechende Initiativen in den Niederlanden und Großbritannien erlebten einen so starken Zulauf, dass diese Erhebungen mittlerweile ein entsprechendes Behördenmonitoring ersetzen.

## **Empfehlungen**

1. **Erhebungsdesign und -methode.** Für die Erhebung der Tagfalter empfehlen wir die Verwendung der Standardisierten Transektmethode. Beide Parameter (Laufkäfer und Tagfalter) sollten im Rahmen der ÖFS auf mindestens je 840 Transekten erhoben werden. Hierzu ist das Probenahmeraster zentral festzulegen sowie Erhebungsmethode und -umfang über Pilotprojekte abzusichern. Synergien mit dem Tagfalter-Monitoring Deutschland könnten langfristig dadurch zustande kommen, dass es – wie beim Brutvogelmonitoring des DDA – gelingt, Laienbearbeiter für die auf den ÖFS-Flächen ausgewiesenen Transekte zu gewinnen.

2. **Häufigkeit, Individuensumme und Artenzahl als Messgrößen.** Im Bezug auf das GVO-Monitoring wäre für Laufkäfer und Tagfalter die Aufnahme von Populationsparametern (wie Altersstruktur, Populationsgröße innerhalb einer Erhebungseinheit, Dispersionsmuster oder Fitness-Eigenschaften) am aussagekräftigsten. Diese Messgrößen sind im Rahmen des ÖFS-Konzepts nicht vorgesehen und können generell nur mit einem enormen Kostenaufwand erhoben werden. Vielmehr kommen nur Messgrößen in Frage, die mit vergleichsweise einfachen Methoden interpretierbare Resultate liefern. In Anlehnung an das Konzept der ÖFS und die Empfehlung von Hilbeck & Meier (in Vorb.) sollen Häufigkeiten von Arten, Individuensummen und Artenzahl berücksichtigt werden. Für die Interpretation der Daten ist entscheidend, ab welchem Schwellenwert ein GVO-Effekt erkennbar ist. Ggf. bedürfen deshalb die in Tab. 14 genannten Schwellenwerte der nachträglichen Korrektur.
3. **Gesonderte Auswertung GVO-relevanter Zielarten.** Bei der Erfassung der Tagfalterarten werden gleichzeitig auch potenzielle Zielarten erfasst, die sich für ein anbaubegleitendes GVO-Monitoring eignen wie z.B. auch *Issoria lathonia* (s. Hintermann & Weber 2004). Solche Arten können ggf. separat ausgewertet und in Bezug zu GVO-Anbauflächen außerhalb des ÖFS-Stichprobennetzes gesetzt werden. Ähnliches gilt für Laufkäferarten, die als Phytophage an Kulturpflanzenarten im Acker leben (aus den Gattungen *Amara*, *Harpalus* oder *Zabrus*) bzw. epigäische zoophage Arten. Für solche Auswertungen ist jedoch darauf zu achten, dass in der Regel der Beprobungsumfang gegenüber der Ausgangserhebung erhöht werden muss, da Einzelauswertungen eine im Vergleich zu Summenauswertungen höhere Streuung aufweisen.

**Tab. 14: Messgrößen und Schwellenwerte (in Anlehnung an Hilbeck & Meier, in Vorb.)**

Messgröße	Schwellenwert
1. Häufigkeit von Arten	30 % Abnahme der Mittelwerte von einem Erhebungsintervall zum nächsten
2. Individuensumme	30 % Abnahme der Mittelwerte von einem Erhebungsintervall zum nächsten
3. Artenzahl	10 % Abnahme der Mittelwerte von einem Erhebungsintervall zum nächsten

### Handlungsbedarf

Es sollte geprüft werden, wieweit der Prüfpunkt „transgenvermittelte Wirkung auf phytophage Zielarten an der Kulturart“ durch die Messprogramme der Pflanzenschutzämter abgedeckt werden kann und welche Arten bzw. Artengruppen sich für ein kulturartenspezifisches Monitoring eignen.

Für die empfohlenen Parameter Laufkäfer und Tagfalter sind im Rahmen des Messnetzes der ÖFS bundesweite Probenahmeraster festzulegen sowie Erhebungsmethode und -umfang über Pilotprojekte abzusichern.

#### 4.3.2.5 Umsetzungsmodul Boden

Dieses Umsetzungsmodul dient dazu, die Einhaltung des Schutzziels „Erhalt der Bodenfunktionen“ zu überprüfen. Auch hier besteht ein Bezug zum übergeordneten Schutzziel „Erhalt der Biodiversität“. Bei den hier abzudeckenden Prüfpunkten ist die Belastungssituation (Schutz der Umwelt) zu charakterisieren, in dem die Verbreitung von Transgenen und –kombinationen sowie der Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden im Boden bestimmt wird. Weitere Prüfpunkte, mit denen der Zustand der Bodenfunktionen überwacht werden soll, sind auf Grund der bisher noch geringen Kenntnis zur GVO-Wirkung auf Böden noch sehr allgemein gehalten:

1. indirekte Wirkungen bzw. Wirkung der HR-Strategie auf **Bodenphysik und Chemie**,
2. transgen- bzw. biozidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen oder durch veränderte genetische Ausstattung herbeigeführte Änderung von Zusammensetzung und Funktionen von **Mikroorganismengemeinschaften**,
3. transgen- bzw. herbizidvermittelte toxische oder andere Auswirkungen auf Zusammensetzung und Funktionen der **Bodenfauna**.

Alle Prüfpunkte beziehen sich auf Ackerstandorte, die in jährlichen Abständen beobachtet werden sollten.

#### Parameter

Zusätzlich zur Charakterisierung der Belastungssituation (über den Nachweis der Transgene bzw. der Genprodukte und der verwendeten Herbizide), sollten als Basisdaten die üblichen Kenndaten der Bodenchemie und –physik erhoben werden (siehe B/L-AG 2003, Züghart & Breckling 2003). Die biotischen Parameter dieses Moduls sollten hinsichtlich der Prüfpunkte sensitiv sein und die Auswahl der Taxa auf vergleichbare Weise wie in Kap. 4.2.3 erfolgen. Für Bodenmikroorganismen erscheint es in diesem Rahmen nicht möglich, ein Monitoring auf Artebene zu leisten. Relativ etabliert sind im Bereich der Boden-Mikrobiologie Parameter und Methoden, die Gesamtleistungen dieser Organismengruppe quantifizieren und damit Hinweise auf funktionelle Störungen oder Veränderungen geben können. Das Monitoringkonzept von Züghart & Breckling (2003) schlägt dazu folgende Parameter und Methoden (in Klammern) vor:

1. Mikrobielle **Biomasse** (SIR, Fumigation-Extraktion, für beide existieren DIN ISO Standards),
2. Mikrobielle **Basalatmung** (Durchflussverfahren oder O<sub>2</sub>-Aufnahme, letztere DIN Standard),
3. **Metabolischer Quotient** (abgeleitete Größe s.o.),
4. **N-Mineralisation** (anaerober Brutversuch),

5. **Diversität der Bodenmikroorganismen** (anhand von DNA-Fingerprintmethoden).

Für bodenzoologische Parameter schlagen Züghart & Breckling (2003) die Erhebung von Arten- bzw. Familienspektrum, Abundanz sowie Dominanzstruktur folgender Taxa vor:

1. **Lumbricidae** (Regenwürmer),
2. **Enchytraeidae** (Kleinanneliden),
3. **Collembola** (Springschwänze),
4. **Nematoda** (Fadenwürmer) und
5. **Gamasina** (Raubmilben).

Weiterhin schlagen diese AutorInnen eine Bestimmung von zeitweilig im Boden lebenden und rhizophagen Arten über eine Kombination von Extraktion und Nassextraktion vor. Darüber hinaus soll als Gesamtleistung der Bodenfauna die Fressaktivität bzw. Umsatzleistung mittels der Streubeutelmethode bestimmt werden.

Für die Umsetzung dieses Moduls sollten die oben genannten mikrobiologischen Parameter erhoben werden. Auch die von Züghart & Breckling (2003) empfohlenen bodenzoologischen Gruppen sind an Ackerstandorten grundsätzlich sinnvoll zu erheben und decken verschiedene Aspekte ab: Regenwürmer (Lumbricidae) sind bekanntermaßen sensibel gegenüber toxischen Belastungen. Da sie von organischer Substanz leben, ist zu erwarten, dass sie auch auf veränderte Streueinträge reagieren. Fadenwürmer (Nematoda) können einen weiteren Nahrungskettenaspekt im Boden abdecken, da unter ihnen bakteriophage und phytophage Arten auftreten.

Da sich die unterschiedlichen Nahrungs- und Strategietypen bei Nematoden relativ gut unterscheiden lassen, kann ggf. auf eine aufwändige Artenansprache verzichtet werden. Bei Einbeziehung der Springschwänze (Collembola) als überwiegend saprophage und Raubmilben (Gamasina) als zoophage Gruppe würden mithin alle wesentlichen Trophie-Ebenen einbezogen werden. Allerdings ist bei den Collembolen das Artenspektrum in Äckern stark eingeschränkt (mündl. Mittlg. U.Irmler ÖZK, Uni Kiel). Zu prüfen bleibt auch die Eignung von Gamasina (geringer autökologischer Kenntnisstand, aufwändige Determination). Nach unseren Recherchen eignen sich - vorbehaltlich einer eingehenderen Klassifizierung und Bewertung - besonders Lumbriciden und Nematoden als Tiergruppen für das Modul Boden.

Einen Beobachtungsschwerpunkt sollte die Beobachtung von Leistungen der Bodenzönose darstellen. Methodisch fortgeschritten sind dabei Ermittlungen zur Streuzersetzung als Gesamtleistung im Boden, wobei die Streubeutelmethode als aussagekräftigste Methode gilt. Allerdings können die Ansätze erst nach einem halben bis einem Jahr ausgewertet werden. Zudem bereiten an Ackerstandorten häufig Mineralstoffeinträge Probleme, die bei der Auswertung zusätzlichen methodischen Aufwand erfordern. Hier wäre zu prüfen, ob z.B. die inzwischen gut etablierte Verwendung von Fraßstäbchen (Bait Lamina Test, Auswertung innerhalb von 1-2 Wochen) eine Alternative darstellen könnte.

## Messnetz

Eine Erhebung der Parameter im Rahmen des ÖFS-Messnetzes ist unbedingt sinnvoll, wird sich aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt aus finanziellen Gründen kaum durchsetzen lassen. Im Messnetz der Pflanzenschutzämter werden derzeit ausschließlich phytophage Nematodenarten erhoben (BBA 2000), so dass diese Daten zwar unbedingt berücksichtigt werden sollten, jedoch insgesamt ein zu kleines Spektrum umfassen. Dagegen kommt dem Messnetz der Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) derzeit ein hohes Potenzial zur Abdeckung der oben genannten Prüfpunkte zu. Einschränkungen treten jedoch bei der Auswahl der BDF-Messflächen sowie angesichts der uneinheitlichen Messparameter auf: Die Auswahl der Probestellen erfolgte ursprünglich nach der naturräumlichen Gliederung und typischer Nutzungsformen. Je nach Bundesland werden unterschiedliche Parameter (z.T. mit unterschiedlichen Methoden) erhoben, wobei bodenphysikalische und -chemische Parameter weitestgehend auf allen BDF erhoben werden. Nach Züghart & Breckling (2003) findet die Erhebung bodenbiologischer Parameter auf den BDF des Offenlandes (siehe Tab. 15) in 11 der 16 Bundesländer statt. Auf etwa 70% dieser Flächen werden bodenmikrobiologische Parameter erhoben (empfohlen sind Fumigation-Extraktion, Substrat-induzierte Respiration, Basalatmung und Metabolischer Quotient), wobei der Untersuchungsumfang unterschiedlich intensiv ist. Erhebungen zur Bodenfauna werden ebenfalls auf ca. 70% der Offenland-Flächen durchgeführt. Am weitesten verbreitet ist die Erhebung von Lumbriciden, weniger verbreitet die von Collembolen, Nematoden und Enchyträen. Zusätzlich werden auf BDF in unterschiedlichem Ausmaß Parameter wie Deposition, Düngereintrag, Bodenlösung und Vegetation erhoben.

**Tab. 15: Anzahl der Probestellen in Offenland im Rahmen der BDF in den Bundesländern (nach Züghart & Breckling 2003)**

Anzahl Offenland-BDF	Bundesländer													Summe
	Baden-Württemberg	Brandenburg	Bayern	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Schleswig-Holstein	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Thüringen	
Acker	50	23	104	0	26	9	48	0	15	4	29	15	13	336
Grünland	23	7	28	2	7	8	16	4	11	1	0	5	4	115

## Empfehlungen

- 1. Erhebungszeiträume und Probestellennetz ggf. verdichten.** Angesichts der großen Heterogenität von Böden und der sich in kurzen Zeiträumen abspielenden Besiedlungsdynamik sollte die Erhebungsfrequenz von fünf Jahren bei der ÖFS auf jährliche Bepro-

bungen erhöht werden. Die Zahl der Bodenproben kann derzeit noch nicht festgelegt werden.

2. **Regenwürmer und Fadenwürmer als bodenzoologische Parameter.** Wie oben dargelegt, sind diese Taxa im Rahmen dieses Moduls besonders geeignet, GVO-Prüfpunkte abzudecken.
3. **Erhöhung der Erhebungsfrequenz bei Präsenz, insbesondere Akkumulation von Transgenen, Transgenprodukten bzw. Bioziden im Boden.** Sollten sich Transgene, Genprodukte oder Biozide im Boden als persistenter erweisen als bisher angenommen wird, sollten auch die Erhebungsintensitäten erhöht werden.
4. **Zusammenlegung von Stichprobenflächen der ÖFS mit BDF.** Die Integration von Messstellen aus verschiedenen sektoralen Umweltmessprogrammen ist ein etabliertes Konzept der integrierten Umweltbeobachtung (Schönthaler et al. 2003). So wurde z. B. in Schleswig-Holstein 1998 geprüft, welche BDF sich als Zielorte zur Einrichtung von so genannten integrierten Dauerbeobachtungsflächen (IDF, Rammert 1999) eignen. Bis 2004 war die Etablierung von zehn dieser Messstellen zu 80% umgesetzt. Weitere Abstimmung, aber auch Synergien werden mit der Einrichtung der Messnetze des FFH-Monitoring bzw. der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie erwartet. Wir empfehlen, die Einrichtung des ÖFS-Messnetzes so flexibel zu gestalten, dass vorhandene integrierte Messstellen in ÖFS-Stichprobenflächen liegen.

### **Handlungsbedarf**

1. Es ist zu prüfen, inwieweit sich das BDF-Messnetz sowie der Erhebungsumfang für ein GVO-Monitoring eignet, harmonisiert oder entsprechend erweitert werden kann. In jedem Fall muss das Messprogramm um ein Screening von Transgenen und –kombinationen sowie um den Nachweis von Genprodukten und Komplementärherbiziden im Boden erweitert werden.
2. Die Eignung der von den Pflanzenschutzämtern zu phytophagen Nematodenarten erhobenen Messgrößen sowie die Datendichte für ein GVO-Monitoring sollte geprüft werden.
3. Zur Überwachung des Erhaltes von Bodenfunktionen sind Erhebungsparameter weiter zu entwickeln. Insbesondere fehlen bisher geeignete Methoden, um horizontalen Gentransfer bzw. dessen Auswirkungen direkt zu überprüfen. Von entsprechend hoher Relevanz ist ein Screening von Transgenen und –kombinationen im Boden. Weiterhin besteht Entwicklungsbedarf bezüglich effizienter biotischer und funktioneller Parameter und deren Erhebungsmethoden sowie bezüglich der Schadschwellen für mögliche spezifische GVO-Wirkungen.

#### **4.3.2.6 Umsetzungsmodul Gewässer**

Dieses Umsetzungsmodul, das einen flächendeckenden Raumbezug hat, dient dazu, das Ziel „Schutz der Gewässerfunktionen“ zu überprüfen. Es bezieht sich daher ebenfalls indirekt auf das übergeordnete Schutzziel „Erhalt der Biodiversität“. Die Problembereiche beziehen sich auf toxisch wirkende Substanzen in Gewässern infolge von GVO-Anbau. Die Prüfpunkte sind „Nachweis von Transgenen und –kombinationen in Sedimenten“, der „Gehalt von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern“ und die „Wirkung von Genprodukten bzw. Bioziden in Gewässern auf in Gewässern lebende Organismen“. Die von Züghart & Breckling (2003) empfohlenen Erhebungsparameter sind bisher relativ allgemein gehalten. Danach sollen Diversität und Dominanzstrukturen ausgewählter Arten oder Artengruppen der Gewässerzönose erhoben werden.

Eine Umsetzung im Rahmen der ÖFS ist nur möglich, wenn in der ÖFS, wie ursprünglich geplant, auch Gewässer berücksichtigt würden. In der derzeitigen Ziehung der ÖFS-Stichprobenflächen sind nach Heidrich-Riske (schriftl. Mitt. an das BfN, 2004) die größeren Seen und Fließgewässer potenziell unterrepräsentiert, während Tümpel und Kleingewässer in ausreichendem Umfang enthalten sind. Demnach wäre eine Umsetzung dieses Moduls im Rahmen der ÖFS zumindest für einen Teil der Gewässertypen möglich.

Auch die Wasserrahmenrichtlinie (WRR) sieht verschiedene Monitoringprogramme vor. Ein Überblicksmonitoring soll in einem festen Messnetz durchgeführt werden. Ein operatives Monitoring bezieht sich auf Gewässer, bei denen bereits Handlungsbedarf besteht und deren weitere Entwicklung dokumentiert werden soll. Ein Monitoring soll sich im Bedarfsfalle investigativen Fragestellungen widmen. Die biotischen Parameter sind in der Wasserrahmenrichtlinie festgelegt und umfassen eine Erhebung des Phytoplanktons (Artenzusammensetzung und Dichte) sowie die Erhebung der submersen Ufervegetation (Makrophyten). Inwieweit diese Organismengruppen tauglich sind und praktisch umgesetzt werden können, ist derzeit in Diskussion. Die Messnetze für die WRR werden derzeit von den Bundesländern festgelegt. In Schleswig-Holstein soll das Messnetz nach derzeitigen Planungen ca. 20 Messstellen in großen Stillgewässern (> 50 ha) incl. einiger FFH-Gewässer und ca. 34 Messstellen in Fließgewässern (10 gute Gewässer und 24 Frachtmessstellen) umfassen. Erhebungen sind hier 1-2-mal in 6 Jahren und nur für die Frachtmessstellen in Fließgewässern jährlich vorgesehen. Die operativen Messnetze umfassen ca. 34 Messstellen in Stillgewässern und 180-200 Messstellen in Fließgewässern, die über einen Zeitraum von 3 Jahren beprobt werden sollen (ca. 60 pro Jahr). In Stillgewässern sollen pflanzliche Parameter erhoben, faunistische zunächst auf Sensitivität und Aussagekraft überprüft werden. Biotische Parameter sollen zudem um chemische (z.B. Pflanzenschutzmittel) ergänzt werden.

## **Empfehlungen**

1. **Die Erhebungen sollten in jährlichen Abständen stattfinden.** Der Informationsverlust einer Ausweitung der Erhebungsfrequenz auf fünf Jahre, wie sie bei einer Umsetzung im Rahmen der ÖFS eintreten würde, sollte über eine jährlich gestaffelte Beprobung der Gesamtstichprobenflächen kompensiert werden.
2. **Erhebungen in Kleingewässern und Tümpeln** sind auch bezüglich möglicher Auswirkungen des GVO-Anbaus zu empfehlen. Nicht zuletzt aus diesem Grunde ist eine Erweiterung der ÖFS um die Erhebung von Gewässerbiotopen (Kleingewässer und Tümpel) anzustreben.

## **Handlungsbedarf**

1. Das Messprogramm muss in jedem Fall um ein Screening von Transgenen und – kombinationen sowie um den Nachweis von Genprodukten und Komplementärherbiziden in Gewässern und Sedimenten erweitert werden.
2. Bei der Umsetzung des Gewässermonitorings durch die Wasserrahmenrichtlinie ist zu prüfen, ob sie zur Erfassung GVO-spezifischer Wirkungen in größeren Fließgewässern und Seen geeignet ist.

### **4.3.2.7 Umsetzungsmodul Biotopstrukturen**

Dieses Umsetzungsmodul zielt auf die Erhebung und Beobachtung der landschaftsstrukturellen Diversität und damit auf ein Kernelement der ÖFS. Es dient dazu, Veränderungen der Biotopstrukturen infolge einer möglichen Veränderung von Anbauschwerpunkte und Landnutzung durch den GVO-Anbau festzustellen. Umfassende Daten zu diesem Prüfpunkt würden mit der Umsetzung der Ebene I der ÖFS vorliegen. Die dort erhobenen Parameter und verwendeten Methoden sind in Kap. 4.3 beschrieben.

### **4.3.2.8 Beprobung einer Stichprobenfläche**

Das Gesamtset der Beprobungen eines 1 km-Quadrats nach unserem Konzept der ÖFS mit GVO-spezifischen Erweiterungen stellt Abb. 2 zusammen. Die Parameter zu den Biotopstrukturen (Ebene I) sowie den Brutvögeln (Ebene II) werden auf der Gesamtfläche erfasst, alle anderen in Form von Transekten (Blütenpflanzen, Tagfalter und Laufkäfer) bzw. punktuell in mehreren Proben, die in der Fläche verteilt genommen werden (Transgenverbreitung). Abb. 2 zeigt auch grafisch die bisher nur als Optionen genannten Module „Gewässer“ und „Boden“, zu denen gleichfalls punktuell mehrere Stichproben pro Quadrat genommen werden. Zu klären bleibt dabei, wie die Probenahmeflächen nach repräsentativen Gesichtspunkten angelegt werden.

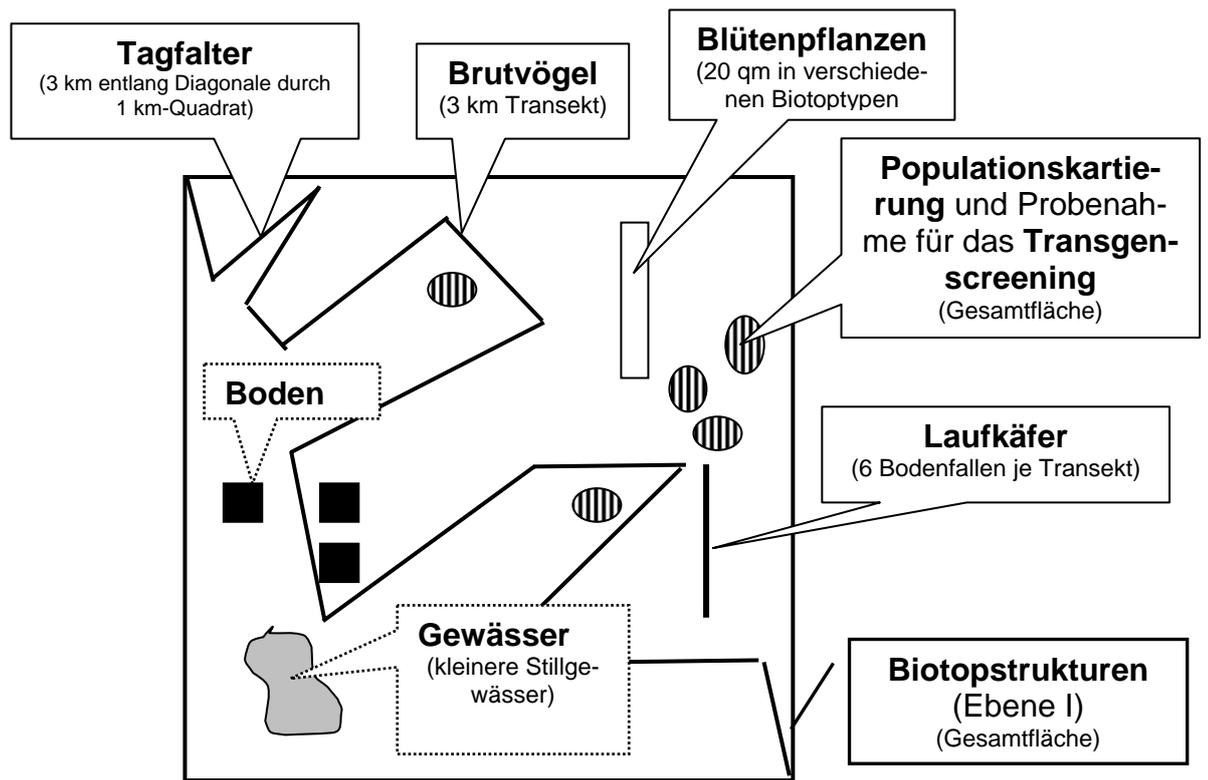


Abb. 2: Skizze zur Beprobung eines km-Quadrats

#### 4.3.2.9 Weitere Umsetzungsmodule

Zur Abdeckung von weiteren Prüfpunkten des GVO-Monitoring werden hier kurz zwei weitere Umsetzungsmodule skizziert, die im unmittelbaren inhaltlichen Bezug zum Thema Biodiversität stehen. Nach Züghart & Breckling (2003) ist das Transgenscreening im Landschaftsmaßstab durch weitere Parameter zu vervollständigen. Diese sollten über ein Modul „Transgenscreening II“ umgesetzt werden. Prüfpunkte, Parameter und Methoden sind in Tab. 16 dargestellt. Ein geeignetes Messnetz ist noch zu identifizieren wie z.B. das Wildtiermonitoring und die Lebensmittelüberwachung.

**Tab. 16: Weitere Umsetzungsmodule des GVO-Monitoring mit inhaltlichem Bezug zu Biodiversität**

Schutzziel (Problem-bereich)	Prüfpunkt	Parameter	Methode	Raumbezug / Frequenz
<b>Transgenscreening II</b>				
Schutz der Umwelt (Basisdaten Belastungsfaktor)	Verbreitung von Transgenen in Wirbeltierkot und Kläranlagen	Qualitative und quantitative Analyse von Klärschlämmen und Magen/Darminhalt bzw. Ausscheidungen von Wildtieren	PCR, DNA-Chip-technologie, Real time PCR (z.B. TaqMan™ – Assay)	Flächen-deckend / jähr-lich
<b>Vielfalt von Kulturarten und Sorten</b>				
Sicherung einer nach-haltigen Landwirtschaft (Verlust von Kulturarten- und Sortenvielfalt)	Anzahl und Zusammen-setzung ver-wendeter Kul-turarten und Sorten	Anzahl und Zusammensetzung der vermehrten und verkauften Kulturarten und Sorten	z.B. Anzahl und nationale Ver-mehrung, Ver-hältnis von Saatgutimport und Export	nationale Ebene (flächen-deckend) / jähr-lich

Ein weiteres Umsetzungsmodul zielt auf die Erhebung der Vielfalt von Kulturarten und Sorten (Tab. 16). Im Rahmen unserer Studie konnten keine Informationen erhoben werden, inwie- weit für den Problembereich „Verlust von Kulturarten- und Sortenvielfalt“ bereits systemati- sche Erfassungen, Auswertungen und Bewertungen durchgeführt werden bzw. vorliegen. Möglicherweise ist eine solche Erfassung nicht auf die nationale Ebene zu begrenzen, son- dern im Rahmen der EU aufzugreifen.

### Handlungsbedarf

- 1. Transgenscreening II:** Verschiedene Messnetze, die in unmittelbarem Bezug zu den zu untersuchenden Medien stehen, müssen auf Eignung geprüft oder aufgebaut werden (z.B. Lebensmittelüberwachung, Klärwerke usw.). Die DNA-Chiptechnologie ist zu för- dern hinsichtlich der Entwicklung von „Überwachungschips“.
- 2. Vielfalt von Kulturarten und Sorten:** Es ist zu prüfen, inwieweit zu diesem Bereich be- reits eine systematische Erfassung, Auswertung und Bewertung erfolgt.

Abschließend sind zwei Umsetzungsmodule des GVO-Monitoring vorgeschlagen, zu denen Datenerhebungen im Rahmen anderer Themenbereiche und Messnetze erfolgen können. Das erste Modul betrifft die Beobachtung von Allergien der Atemwege als mögliche GVO- spezifische Wirkungen auf die menschliche Gesundheit (Tab. 17). Für das hier nur prototy- pisch skizzierte Modul sind geeignete Erhebungsparameter noch zu entwickeln. Unklar ist weiterhin, inwieweit geeignete Daten überhaupt verfügbar gemacht und einer integrierten Auswertung zugeführt werden können.

In einem zweiten Modul (Tab. 17) sind Prüfpunkte zusammengefasst, die sich auf Verände- rungen in der Anbautechnik, Pflanzenkrankheiten und Resistenzentwicklung beziehen. Er-

hebungen zu diesen Prüfpunkten sind Schwerpunkte des „Anbaubegleitenden Monitoring“ (BBA 2000). Die Ergebnisse aus diesen Erhebungen sollten ebenfalls für integrierte Auswertungen im Rahmen des GVO-Monitoring zur Verfügung stehen. Es ist uns derzeit nicht bekannt, inwieweit die in den entsprechenden Planungen zu einem anbaubegleitenden Monitoring (BBA 2000) genannten Erhebungsparameter der Pflanzenschutzdienste erweitert werden sollen, z.B. um:

1. Laboruntersuchungen zu **Resistenzentwicklung beim Maiszünsler**,
2. Erhebung **weiterer Kreuzungspartner** von Kulturpflanzen neben Hederich und Ackersenf
3. **Transgenscreening in Unkräutern.**

**Tab. 17: Weitere Umsetzungsmodule des GVO-Monitoring im Rahmen von anderen Messnetzen**

<b>Schutzziel (Problem-bereich)</b>	<b>Prüfpunkt</b>	<b>Parameter / Datenquelle</b>	<b>Methode</b>	<b>Raumbezug / Frequenz</b>
<b>Allergieregister</b>				
Schutz der menschlichen Gesundheit (Umweltwirkungen auf menschliche Gesundheit: Allergien über Atemwege)	Frequenz und Verbreitung von Allergien der Atemwege	Ggf. regionalisierte Informationen zu Allergiebehandlungen / Krankenkassen	zu entwickeln	flächen-deckend / jährlich
<b>Veränderung der Anbautechnik, Pflanzenkrankheiten, Resistenzentwicklung</b>				
Sicherung der nachhaltigen Landwirtschaft (Belastungsfaktor)	Veränderung der Anbautechnik	Siehe BBA (2000), Anlage 1 / Pflanzenschutzämter, Bundessortenamt	Zu prüfen	Ackerflächen / jährlich
Pflanzenschutz (Resistenzentwicklung)	Auftreten von behandlungs-resistenten Schadinsekten, Durchwuchs, Ackerbeikräutern			

### Handlungsbedarf

1. **Allergieregister:** Die Eignung von Behandlungsarten oder –formen, die sich zur Indikation von Allergien aus luftbürtigen Allergenen eignen bzw. die Verfügbarkeit regionaler Daten bei Krankenkassen, ist zu prüfen.
2. **Veränderung der Anbautechnik, Pflanzenkrankheiten, Resistenzentwicklung:** Die Eignung der Erhebungsparameter und -umfang der Untersuchungen der Pflanzenschutzämter und des Bundessortenamts (BSA) sind zu überprüfen.

Die in nächster Zukunft voraussichtlich zugelassenen GVO werden wahrscheinlich keine grundsätzlich neuen Problembereiche und Prüfpunkte erforderlich machen. Aus der Art der

geplanten gentechnischen Veränderungen lassen sich die bereits bekannten Wirkungen ableiten:

1. Erhöhtes Ausbreitungs- und Verwildерungspotenzial aufgrund veränderter ökologischer Eigenschaften wie veränderte Konkurrenzkraft z.B. durch erhöhte Salz- oder Kältetoleranz,
2. Nahrungsnetzeffekte, indem die veränderte Ausstattung mit Pflanzeninhaltsstoffen Wechselwirkungen mit phytophagen Organismen oder der Rhizosphäre möglicherweise erheblich verändert.

Verändern wird sich möglicherweise die räumliche Reichweite und Intensität der Wirkungen. Eine erhöhte Reichweite ergibt sich daraus, dass die Empfängerpflanzen zu anderen Artengruppen gehören (langlebige Organismen wie Bäume, Zierpflanzen, Gräser), welche per se über ein völlig anderes Verwildерungspotenzial verfügen und auf anderen Flächentypen genutzt werden. Dies hat zur Folge, dass die oben skizzierten Umsetzungskomponenten des GVO-Monitoring erweitert werden müssen:

1. Transgenscreening in weiteren Arten / Artengruppen,
2. Erweiterung der Artenlisten von Zielarten und Kreuzungspartnern bei den Vegetationsaufnahmen,
3. Abhängig von Kulturarten und Transgenen kann eine Erweiterung des Parameterumfangs (z.B. betreffend Wechselwirkungen mit Tierarten, Pflanzenkrankheiten, Resistenzentwicklung, Anbautechnik) notwendig werden,
4. Erweiterung des Raumbezugs für Erhebungen über Ackerflächen hinaus (z.B. in Sondernutzungen, Gehölzen).

Erhebungserweiterungen müssen rechtzeitig vor einer Zulassung zum Inverkehrbringen vorgesehen werden, um Referenzdaten (Baseline) zur Verfügung zu stellen.

#### **4.4 Synergien zwischen FFH-Monitoring und ÖFS**

##### **4.4.1 Grundlagen und Monitoringkonzept**

In Ebene I der ÖFS werden im Prinzip alle Biotoptypen Deutschlands erfasst, in Ebene II sollen nur für die Indikatorgruppen Blütenpflanzen, Vögel und Tagfalter alle bzw. die wichtigsten Biotoptypen innerhalb eines km-Quadrats bearbeitet werden. Mit dieser Vorgehensweise kommen Daten zu schutzwürdigen Biotoptypen und ihrer Besiedlung zustande, aus denen sich Schnittmengen zum FFH-Monitoring (Art. 11 der RL 92/43/EWG) bilden können. Die insgesamt 256 so genannten Anhangs-Arten der FFH-Richtlinie (92/43/EWG), die in Deutschland vorkommen, umfassen eine Vielzahl höherer Taxa (Moose, Farn- und Blütenpflanzen, Flechten, Säugetiere, Amphibien und Reptilien, Fische und Rundmäuler, Käfer, Libellen, Schmetterlinge, Weichtiere und Sonstige [darunter 3 Krebstiere und 1 Egelart]). Sie sind in der FFH-Richtlinie in mehreren Anhängen aufgelistet: Anhang II umfasst 134 Arten,

Anhang IV 129 und Anhang V 86 Arten. Arten des Anhangs IV und V sind gesondert ausgewiesen, da für sie besondere Artenschutzverpflichtungen bestehen. Die Arten aller Anhänge sind Gegenstand des Monitoring gemäß Artikel 11 FFH-Richtlinie.

Die EU verpflichtet die Länder zu Berichten, die im Abstand von sechs Jahren erstellt werden müssen. In diesen Berichten soll der Erhaltungszustand der Lebensraumtypen sowie der Zustand der Populationen der in den Anhangslisten aufgeführten Arten dokumentiert werden. Um dieser Berichtspflicht nachzukommen, muss ein Monitoring der Lebensraumtypen sowie der entsprechenden Arten erfolgen. Diese Aufgabe kommt innerhalb des Hoheitsgebietes den Bundesländern zu.

Während der Laufzeit unseres Vorhabens wurde noch kein Konsens für das FFH-Monitoring hinsichtlich der Methoden, der Erfassungstiefe und der Erfassungszeiträume erzielt, der unter allen Bundesländern abgestimmt ist (Ssymank, mdl. 2004). Derzeit befassen sich allein fünf bundesland-übergreifende Arbeitskreise mit der Bewertung des Erhaltungszustands, aber auch mit Fragen des Monitoring. Angesichts dieser noch nicht abgeschlossenen Vorarbeiten sind unsere Ausführungen vorläufig und sollen nur einen Impuls geben, synergistische Effekte zwischen FFH-Monitoring und ÖFS herauszuarbeiten.

#### **4.4.2 Potenzielle Schnittstellen zwischen FFH-Monitoring und ÖFS**

Ein Monitoring im Rahmen der FFH-Richtlinie bietet potenziell mit der ÖFS und den GVO-spezifischen Erweiterungen einige Schnittstellen: Aus dem übergeordneten Schutzziel „Erhalt der Biodiversität“ leiten sich partiell übereinstimmende Teilziele ab, für die wir weiter oben Prüfpunkte benannt haben. In beiden Monitoring-Konzepten sind die vorgeschlagenen Erfassungsmethoden für einige Taxa identisch: Blütenpflanzen sollen in Dauerquadraten nach Pfadenhauer et al. (1986) erfasst werden, und die Kartierung der Laufkäfer soll jeweils mit Bodenfallen entlang von Transekten erfolgen (vgl. Statistisches Bundesamt & Bundesamt für Naturschutz 2000, Fartmann et al. 2001).

Allerdings zeichnen sich auch einige Diskrepanzen zwischen ÖFS und Natura 2000 ab:

1. Die zu beprobenden Raumausschnitte sind jeweils anders gelagert. Beim FFH-Monitoring geht es primär um die Beurteilung des Zustands wertvoller Biotope bzw. seltener und schützenswerter Arten. Die ÖFS zielt dagegen auf die Normallandschaft, in der intensiv genutzte Biotoptypen einen großen Flächenanteil ausmachen.
2. Die FFH-Richtlinie berücksichtigt ein weit größeres Spektrum aus Flora und Fauna (außer den Blütenpflanzen, Farnen und Moosen auch zahlreiche Tiergruppen), die in dieser Breite von der ÖFS nicht abgedeckt werden. Beim FFH-Monitoring sollen zudem die Parameter des rechtlich definierten "günstigen Erhaltungszustandes" ermittelt werden. Dazu gehören bei Arten deren Verbreitungsgebiete, Gesamtbestände, die Qualität und Ausdehnung ihrer Lebensräume sowie Beeinträchtigungen - Parameter, für die jeweils auch

Änderungstrends angegeben werden müssen (Eichen, schriftl. Mitt. 2005). Damit sind die Parameter beim FFH-Monitoring anders gelagert als bei der ÖFS.

#### **4.4.3 Synergien auf Ebene I der ÖFS**

In das Stichprobenraster der ÖFS fallen potenziell Lebensraumtypen (LRT) des Anhangs I der FFH-Richtlinie. Aufgrund ihrer häufigeren Verbreitung in Deutschland und ihrer großflächigen Ausprägung werden diese mit großer Wahrscheinlichkeit in nennenswerten Anteilen in den ÖFS-Flächen auftreten. Diese LRT können sich dabei in bestimmten Regionen konzentrieren, wie z.B. Salzgrünland an der Küste oder Heiden in den kontinentaleren Bereichen Deutschlands. In Anhangstabelle B 1 sind LRT aufgelistet, deren Auftreten in größeren Flächenanteilen in den ÖFS-Stichprobenflächen zu erwarten ist. Allerdings ist auch hier eine endgültige Bilanz des tatsächlichen Anteils erst möglich, wenn die Ebene I der ÖFS umgesetzt wird. Werden im Rahmen der ÖFS - wie vorgesehen - auch Kleingewässer bearbeitet, würde sich die Liste in Tab. B 1 um weitere LRT erweitern (in der Natura 2000-Codierung unter der Codenummer 3 geführt).

#### **4.4.4 Tier- und Pflanzenarten der FFH-Richtlinie**

Aus mehreren Gründen ergeben sich bei Flora und Fauna eingeschränkte Überschneidungen mit der ÖFS: Der überwiegende Teil der Arten der EU-Vogelschutzrichtlinie sowie der FFH-Anhänge besiedelt naturnahe, extensiv genutzte oder wenig gestörte Biotoptypen. Insbesondere viele Vogel- und Säugetierarten sind auf großflächige Ausprägungen entsprechender LRT angewiesen, die im Rahmen der ÖFS nur in geringem Maße einbezogen werden. Das Gleiche gilt für Endemiten mit relativ kleinen Verbreitungsgebieten, die in der FFH-Richtlinie auftreten. Im Rahmen der ÖFS ist von besonderem Interesse, welche FFH-Arten und Arten der Vogelschutzrichtlinie Ackerbiotope besiedeln. Da bei einer Berücksichtigung von GVO-Aspekten in der ÖFS eine Verdichtung des Stichprobennetzes in Äckern vorgeschlagen wird, werden in erheblichem Ausmaß Daten zu Ackerbesiedlern anfallen. Wir gehen im Folgenden auf einige Arten aus der FFH-Richtlinie ein, die ihre ökologischen Schwerpunkte in Ackerflächen haben, und beziehen dabei auch die Folge-Biotope aus Äckern ein, die sich bei einer Flächenstilllegung einstellen (z.B. als trockene Sandbrachen oder feuchte Hochstaudenbrachen). Tab. B 2 im Anhang fasst sie als Brach- und Ödflächen zusammen.

##### **4.4.4.1 Vögel**

Die Kartierung der Brutvögel soll im Rahmen der ÖFS den gesamten Quadratkilometer der Stichprobenfläche umfassen. Somit werden Arten aus einer Vielzahl unterschiedlichster Bio-

toptypen einbezogen und ein großes Artenspektrum der EU-Vogelschutzrichtlinie kann durch die ÖFS potenziell nachgewiesen werden. Von besonderem Interesse für Synergien zwischen ÖFS und Natura 2000 sind Vogelarten der Intensivlandschaft, die zugleich nach der EU-Vogelschutzrichtlinie geschützt sind. Tab. B 2 (Anhang) stellt solche Arten zusammen und ordnet sie Gefährdungsgraden zu. Dabei wird nach den eigentlichen Ackerbesiedlern und Arten der Brach- und Ödflächen differenziert. Wie Tab. B 2 zeigt, ist diese Liste - im Gegensatz zu anderen Organismengruppen - relativ umfangreich.

Unter den Vogelarten der EU-Vogelschutzrichtlinie treten potenziell fünf Brutvogelarten in Ackerflächen sowie drei Gastvogelarten auf. Unter den Brutvögeln zeigt die Großtrappe (*Otis tarda*) eine regionale Beschränkung auf den Osten Deutschlands, unter den Gastvögeln konzentrieren Singschwan (*Cygnus cygnus*) und Zwergschwan (*Cygnus bewickii*) ihre Verbreitung auf den Norden Deutschlands (Ferguson-Lees & Willis 1987).

#### 4.4.4.2 Pflanzen

Für die Erfassung der Blütenpflanzen im Rahmen der ÖFS ist keine Eingrenzung hinsichtlich der zu bearbeitenden Biotoptypen vorgesehen, evtl. soll es jedoch zu einer zusammenfassenden Gruppierung der Biotoptypen kommen. Deshalb kann ein Großteil der Pflanzenarten aus der FFH-Anhangsliste II potenziell im Rahmen der ÖFS nachgewiesen werden. Innerhalb der FFH-Pflanzenliste tritt - verglichen mit anderen Taxa - ein ungewöhnlich hoher Anteil regional stark eingeschränkter Endemiten auf, wie z.B. Bodensee-Vergißmeinnicht (*Myosotis rehsteineri*) oder Schierlings-Wasserfenchel (*Oenanthe conioides*) - Arten, deren Nachweis innerhalb der ÖFS-Beprobung unwahrscheinlich ist.

Nach unseren Recherchen sind nur wenige Arten der FFH-Anhangsliste auf Ackerbiotop beschränkt, wie unter den Blütenpflanzen die Dicke Trespe (*Bromus grossus*) (s. Tab. B3 im Anhang), die sich durch folgende Eigenschaften auszeichnet (Fartmann et al. 2001):

- Schwerpunkt in Wintergetreide, vor allem Dinkel,
- keine enge Bindung an Böden, verträgt hohe Düngergaben und die meisten Herbizide,
- vermehrt sich stark z.B. bei pflugloser Kultur,
- wenig ortsfest, da mit verunreinigtem Saatgut verbreitet.

Die Bestimmung dieser Trespe ist allerdings schwierig und derzeit nur mit Spezialliteratur möglich (Fartmann et al. 2001). Ebenso ist die Kartierung sehr zeitaufwändig, da die gesamte Ackerfläche abgesucht werden muss. Auch das Hornmoos *Notothydas orbicularis* besiedelt kalkfreie Getreidestoppelläcker und ist im Rahmen der Ackerbeprobungen der ÖFS relevant. Im Rahmen der ÖFS-Datenerhebung sollten BearbeiterInnen besonders auf diese Arten hingewiesen werden.

#### 4.4.4.3 Weitere Tierartengruppen

Die meisten Tiergruppen des Natura 2000 Systems werden in der vorliegenden Konzeption der Basis-ÖFS (mit Brutvögeln als einziger Indikatorgruppe) nicht erfasst. Sollte es zu einer GVO-spezifischen Erweiterung der ÖFS kommen, wären vor allem Schmetterlinge relevant (s. Tab. B3 im Anhang und Modul „Fauna II“ der GVO-Umsetzungsmodule), während die von uns ebenfalls als GVO-Erweiterung vorgeschlagenen Laufkäfer in den FFH-Anhangslisten nur mit einer Art (*Carabus menetriesi*) vertreten sind. Diese Laufkäferart ist zudem aufgrund ihrer Seltenheit und engen Bindung an Moore für die ÖFS wenig relevant.

#### 4.4.4.4 Handlungsempfehlungen

**Dokumentation und Bewertung** häufiger Anhang I-Lebensraumtypen der FFH-Richtlinie innerhalb und außerhalb der FFH-Gebiete (Art. 11 der FFH-Richtlinie) als Basis für die Berichterstattung nach Art. 17 der FFH-Richtlinie. Die Entwicklung häufiger Vogelarten der Normallandschaft innerhalb und außerhalb der Vogelschutzgebiete sollte dokumentiert werden. Die erhobenen Daten sollten an die für das FFH-Monitoring zuständigen Stellen weitergeleitet werden.

1. **Koordination der Datenerhebung und -weitergabe.** Spätestens nach der Erstdurchführung der ÖFS sollte die Weitergabe der Daten für FFH geklärt werden. Bei einer entsprechenden Abstimmung (insbesondere bei der Erhebung von Blütenpflanzen und Brutvögeln) ergeben sich erhebliche Synergie-Effekte und ggf. auch Einsparmöglichkeiten für das FFH-Monitoring. Konkretisieren lassen sich solche Effekte aber erst während der Durchführungen beider Monitoringprogramme.
2. **Hohes Maß an Kongruenz bei den Prüfpunkten.** Viele Prüfpunkte der ÖFS mit GVO-Erweiterungen sind auch für das FFH-Monitoring relevant. Es sollte angestrebt werden, diese Prüfpunkte und die damit verbundenen Parameter stärker aufeinander abzustimmen. Einige Parameter in der ÖFS (wie zur Ausbreitung von Arten oder zur räumlichen Struktur der Vegetation) lassen sich ohne Aufwand in das FFH-Monitoring übertragen. Insgesamt kann die ÖFS mit GVO-spezifischen Erweiterungen wertvolle Zuarbeit für das FFH-Monitoring liefern: so wären z.B. Funde von *Bromus grossus*, einer bisher nur in BW nachgewiesenen Art, an die entsprechenden Erfassungsstellen weiterzuleiten. Da derzeit innerhalb der Flora bei vielen Arten (klimabedingte) Arealexansionen stattfinden, sollten auch Arten mit regional eingeschränktem Verbreitungsbild einbezogen werden. Damit werden mit der ÖFS zugleich wichtige Daten zur Verbreitung und Dynamik seltener Arten erhoben.
3. **Meldung von Daten aus ÖFS-Flächen.** Die meisten Tiergruppen der FFH-Anhangslisten werden in unserem Konzept der erweiterten ÖFS nicht berücksichtigt und sind deshalb in Anhangstabelle B3 nicht aufgeführt (wie z.B. Amphibienarten). FFH-

Anhangs-Arten könnten jedoch in den ÖFS-Stichprobenflächen durchaus auftreten, z.B. in Gewässern von Ackergebieten siedelnde Arten wie Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*) oder Rotbauchunke (*Bombina bombina*). Bis zu einem gewissen Grade ist im Rahmen der ÖFS auch das Auftreten totholzbewohnender Käfer in alten Wäldern zu erwarten. Solche auffälligen, teils auch von Nichtfachleuten leicht bestimmbare Arten könnten während der ÖFS-Erfassungen an die entsprechenden FFH-Meldestellen weitergeleitet werden.

4. **Das Natura 2000-System ist von Risiken des GVO-Anbaus betroffen.** Eine Verwildерung und Ausbreitung von GVO kann sich auch über Natura-2000 Gebiete erstrecken und die Habitatqualität von Arten negativ beeinflussen. Deshalb sollte das Monitoring das mögliche Auftreten von GVO in Natura 2000-Gebieten berücksichtigen. Zeigt sich eine Invasivität von GVO bis in Natura 2000-Gebiete hinein, ergibt sich ein unmittelbarer Konflikt mit dem in § 33 Abs. 3 BNatSchG (Art. 6 Abs. 2 FFH-RL) normierten "Verschlechterungsverbot" der Gebiete.

## 5 Kostensituation und Kostenabschätzungen

Die Kosten stellen einen wichtigen Teilbereich für die Umsetzung und Machbarkeit des GVO-Monitoring dar. Die Aufschlüsselung der Einzelposten nehmen wir für die Basisvariante der ÖFS sowie die GVO-Erweiterungen vor. Diese Kosten vergleichen wir mit denen für das Biodiversitätsmonitoring in anderen Staaten sowie denen für den Strahlenschutz.

### 5.1 Kosten für ÖFS und GVO-Erweiterungen

Wir stellen im Folgenden die Kosten für die Basisvariante der ÖFS mit den wichtigsten hier diskutierten GVO-Erweiterungen zusammen. Die Kostenabschätzung bezieht sich damit nur auf einen Teil des zur Umsetzung des GVO-Monitoring insgesamt notwendigen Messrahmens. Einen Überblick über diesen Teil gibt Tab. 1 in der Einleitung, in der die entsprechenden Module bzw. Teilmodule grau unterlegt sind. Zusammengefasst sind dies aus dem Modul Transgenscreening I die Erhebungen und Nachweise zur Verbreitung von Transgenen und –kombinationen in Kulturpflanzen und Kreuzungspartnern, die Module Flora und Vegetation, Fauna I und Fauna II sowie das Modul Biotopstrukturen. Bei der Kostenabschätzung unterscheiden wir Kosten, die einmalig bei der Etablierung eines neuen Parameters in einem Messnetz zu erwarten sind und die regelmäßig im Rahmen der Durchführung entstehen. Die Aufstellung enthält zusätzlich eine Angabe zu den schätzungsweisen Kosten für eine bundesweite Koordination. Diese unterschiedlich konkreten Kostenangaben ermöglichen zumindest eine grobe Einordnung der für das Gesamtkonzept ÖFS und GVO-Erweiterungen gemachten Kostenerwartungen.

Bei der folgenden Kostenaufstellung konnten wir auf Vorarbeiten der Ad hoc-AG (2004), der Arbeitsgruppe angewandte Ökologie (AAÖ 2003) sowie Hintermann & Weber (2004) zurückgreifen. Diese Daten fließen in die Gesamtkalkulation (Tab. 19) ein. Für das Erweiterungsmodul „Laufkäfer“ wurden die Kosten anhand eigener Recherchen ermittelt.

Für die Umsetzung von Modulen zur Fauna innerhalb der ÖFS berechneten Hintermann & Weber (2004) ausführlich Startkosten und laufende Kosten für die einzelnen Tierarten und –gruppen (s. Tab. 18). Die Methodik ist bereits hinsichtlich der zu erwartenden Variabilität geprüft und der zu erwartende Beprobungsumfang darauf abgestimmt. Für die Kostenkalkulation der GVO-Erweiterungen greifen wir auf die Ausführungen zum Erhebungsparameter „Tagfalter“ in Hintermann & Weber (2004) zurück. Die in Tab. 18 dargestellten Abschätzungen für andere Parameter können ggf. als Grundlage für die Planung GVO-spezifischer Monitoringmodule bzw. von GVO-Erweiterungen der ÖFS dienen. Eine genaue Aufschlüsselung der Kosten hinsichtlich der Bearbeitungszeit pro Standort, Aufwand pro Region und Zeitschnitt findet sich in Hintermann & Weber (2004).

**Tab. 18: GVO-relevante Tiergruppen für die ÖFS (HINTERMANN & WEBER 2004)**

Die Angaben beziehen sich auf die Kosten der Beprobung der für einen geographischen Raum notwendigen Stichprobenquadrate (Wiederholungen pro räumlicher Variante)

Parameter	Biotop-typen (ÖFS)	Empf. Mess-größe	Empf. Erhe-bungs-methode	Betriebs-kosten pro Erhebungsdurchgang (Euro)	Startkosten, einmalig	Total erste Erhebung
<i>Ceutorhynchus napi</i> und <i>C. assimilis</i> (Rüsselkäfer)	Acker	Individuendichte	Bodenfoto-elektoren (4 pro Schlag)	218.000	49.900	268.000
Waldmaus	Acker	Individuendichte	standardisierte Capture-Recapture-Lebendfangmethode (200 / 1 qkm)	129.000	30.000	159.000
Tagfalter	alle Bodenbedeckungstypen	Artenzahl und Artenbestände	standardisierte Transektmethode <sup>1</sup>	62.000 <sup>2</sup>	38.400 <sup>2</sup>	100.000 <sup>2</sup>
Kleiner Perlmutterfalter ( <i>Issoria lathonia</i> )	alle Bodenbedeckungstypen	Abundanz	standardisierte Transektmethode	185.000	40.400	225.000

<sup>1</sup> = 3 Begehungen von Wegtransekten 2 x 3 km innerhalb eines Quadrats; dabei direkte Beobachtung der Imagines

<sup>2</sup> = Parameter: Individuensumme, die Erhebung wird in 40 km-Quadraten durchgeführt. Für Landschaftstypen können Aussagen zu Artenzahl und Beständen gemacht werden.

Die Kostenabschätzung für die Erfassung der Laufkäfer orientiert sich an den methodischen Vorgaben des Konzepts der ÖFS durch das Statistische Bundesamt & Bundesamt für Naturschutz (2000). Dabei ist vorgesehen, pro Stichprobenfläche ein 50 m langes Transekt 2-mal pro Erhebungsjahr mit 6 Barber-Fallen zu beproben.

Die Kosten für einen Erhebungsdurchgang ergeben sich aus folgenden Einzelkosten:

- Fahrt: 2h (1h pro Weg)
- Installation der Fallen, Kontrolle: 2h
- Sortierarbeit: 3h (0.5 h/Bodenfalle)
- Determination 6h (1 h/Bodenfalle)
- Auswertung, Dokumentation: 1h

**Summe: 14h**

Bei der Kalkulation ergeben sich allerdings große Unsicherheiten hinsichtlich der Sortierarbeit und Determination: Je nach Standort, Witterungsverläufen und anderen Einflussgrößen schwanken die Arten- und Individuenzahlen von Laufkäfern stark. In der obigen Berechnung wurde die untere Grenze des Zeitaufwands zugrunde gelegt.

Für die Kostenberechnung legen wir in Anlehnung an Hintermann & Weber (2004) einen Stundensatz von 40 Euro zugrunde, so dass sich pro Transekt (= Stichprobeneinheit) für 2 Durchgänge (Frühjahr und Herbst) à 560 Euro Kosten von insgesamt 1.120 Euro ergeben. Der Erhebungsumfang umfasst insgesamt 840 Transekte in einer noch nicht festzustellenden Anzahl von ÖFS-Stichprobenflächen, womit sich die Gesamtkosten für die Laufkäfer auf schätzungsweise 940.000 Euro belaufen.

## **5.2 Abschätzung der Kosten für die ÖFS mit ersten GVO-Erweiterungen**

Eine erste Kostenschätzung für die ÖFS mit derzeit absehbaren GVO-Erweiterungsmodulen legte die Ad hoc-AG (2004) vor: Sie geht für die Basisvariante der ÖFS (bei einem Erhebungsturnus von 5 Jahren) und einem Zusatzmodul für Transgenscreening von 5,1 Mio. Euro aus. Darin sind die allgemeine Teuerungsrate und die Kosten für eine bundesweite Koordination berücksichtigt. Allerdings liegt dieser Kostenschätzung noch eine Stichprobenzahl von 800 Flächen zugrunde, so dass sich angesichts einer derzeit auf 1.000 Flächen erhöhten Flächenanzahl die Kosten für die Parameter um 25% erhöhen. Lediglich bei der Erhebung von Flora und Fauna ändert die Anzahl nichts am Beprobungsumfang, der sich grundsätzlich an ausreichend Wiederholungen pro Raumvariante orientiert.

Die Ad hoc-AG berechnete die Kosten für die Kartierung der Kreuzungspartner von Raps und für die anschließenden molekularbiologischen Analysen basierend auf praktischen Erfahrungen in Nordrhein-Westfalen. Diese Abschätzung hatte die Länderarbeitsgemeinschaft Gentechnik (LAG) als „eher optimistisch“ eingestuft. Inzwischen wurde eine Beprobung auf 10 ÖFS-Flächen in Nordrhein-Westfalen durchgeführt, wobei die Untersuchungen eine flä-

chendeckende Erhebung von Zielartenpopulationen mit einschloss. Nach ersten Schätzungen werden hier pro Stichprobenfläche Kosten von etwa 1.500 Euro angenommen (mündl. Mittlg. Herr König LÖBF-Nordrhein-Westfalen, 2004). Da jedoch ein erheblich intensiveres Erhebungsdesign gewählt wurde, nehmen wir diese Angabe als einen Hinweis, dass der für das flächendeckende Screening vorgesehene, geringere Erhebungsumfang in dem vorgesehenen Kostenrahmen geleistet werden kann.

Weitere Kritik an dem Kostenvorschlag der ad hoc-AG bezieht sich auf die Kosten für die ÖFS Ebene I. Im Rahmen des „Pilotprojekt Naturschutzmonitoring Baden-Württemberg - Ökologische Flächenstichprobe Ebene I - Landschafts- und Biotopqualität“ (AAÖ 2003) wurden bei der Durchführung dieser Erhebung Kosten von 2.200 Euro pro Stichprobenfläche festgestellt. Da die Kostenangabe jedoch nicht nach einmaligen Einrichtungskosten und laufenden Kosten für die Erhebungen selber differenziert, ist diese Zahl nur schwer zu interpretieren. Wir gehen davon aus, dass in diesem Falle die Kosten für die Einrichtung der Datenbasis an sich einen erheblichen Anteil ausmachen. Daher teilen wir den von der AAÖ (2003) angegebenen Betrag hälftig in einmalige und laufende Kosten und erreichen damit wieder den Kostenvorschlag der ad hoc AG, den wir an die aktuelle Stichprobenanzahl anpassen.

**Tab. 19: Kostenkalkulation für die Elemente der ÖFS-Basisvariante mit GVO-Erweiterungen**

Parameter	Kosten pro Erhebungszeitraum, 5 Jahre	Startkosten, ein-	Quelle
	(in 1.000 Euro)	malig (in 1.000 Euro)	
<b>ÖFS-Basisvariante</b>			
Ebene I <sup>1</sup>	1.375	1.100	AAÖ (2003)
Flora	1.000	30-50	Ad hoc-AG (2004)
Fauna I: Brutvögel <sup>2</sup>	1.875	30-50	Ad hoc-AG (2004)
<b>Summe</b>	<b>4.250</b>	<b>1.160-1.200</b>	
<b>GVO-Erweiterungen</b>			
Fauna II: Tagfalter	1.300	40.2	Hintermann & Weber (2004)
Fauna II: Laufkäfer	940	30-50	eigene Recherche
Populationskartierung / Transgenscreening <sup>3</sup>	1.250	30-50	Ad hoc-AG (2004)
<b>Summe</b>	<b>7.740</b>	<b>1290.2 bis 1390.2</b>	
<b>Koordination</b>	<b>500</b>		
<b>Gesamtkosten</b>	<b>8.240</b>		

<sup>1</sup> = AAÖ (2003) berechnet 2200 Euro für eine erste Durchführung der ÖFS, Ebene I. Die Rechnung unterscheidet nicht zwischen einmaligen und laufenden Kosten

<sup>2</sup> = Die Kosten für das Modul Brutvögel verstehen sich unter der Annahme, dass das Beobachtungsprogramm von den Behörden aufgesetzt wird. Für eine entsprechende Bearbeitung durch den Deutschen Dachverband der Avifaunisten (DDA) auf Basis von Laienarbeit ergeben sich voraussichtlich geringere Kosten

<sup>3</sup> = Populationskartierung aus Modul Flora und Vegetation und Transgenscreening von Kulturpflanzen und Kreuzungspartnern aus Modul Transgenscreening I

Tab. 19 stellt die sich ergebenden Gesamtkosten für die Basis-ÖFS mit GVO-Erweiterungen zusammen. Für den Erhebungsumfang ergeben sich über den Erhebungszeitraum von 5 Jahren hiermit Kosten von knapp 8,24 Mio. Euro. Eingeschlossen sind in diesem Betrag ca. 500.000 Euro, die für eine bundesweite Koordination vorzusehen sind. Daraus ergibt sich ein Betrag von **etwa 1,6 Mio. Euro pro Jahr**. Einmalig sind demnach zu Beginn Einrichtungskosten von ca. 1,3-1,4 Mio. Euro vorzusehen.

Die hier gemachten Kostenabschätzungen enthalten noch gewisse Unsicherheitsfaktoren. Insbesondere für die Erhebungen der ÖFS Ebene I dürften in den Bundesländern sehr unterschiedliche, z.T. durchaus sehr gute Datenbasen vorliegen. Bei der Umsetzung ist hier mit einer erheblichen Kostenstreuung zu rechnen. Auch die Abschätzungen für die biotischen Parameter weisen an verschiedenen Stellen Lücken auf, die im Rahmen von Pilotstudien oder über weitere Recherchen geschlossen werden können.

### **5.3 Kosten bestehender Monitoringprogramme zur Biodiversität in anderen Ländern**

Für Deutschland liegt uns keine Gesamtübersicht zu den Kosten der bereits bestehenden Messnetze für Umweltmonitoring vor. Allein für Schweden konnten wir eine nationale Gesamtbilanz ermitteln (Tab. 20): Die Ausgaben für Umweltmonitoring insgesamt betragen im Jahre 2003 knapp 78 Mio. Schwedische Kronen, dies entspricht fast 8 Mio. Euro. Aus den Daten ist allerdings nicht vollständig ableitbar, in welchen Bereichen Biodiversitätsmonitoring betrieben wird.

**Tab. 20: Ausgaben für nationales Umweltmonitoring in Schweden 2003 (BERNES 2003)**

<b>Bereich</b>	<b>Ausgaben (Mio. Schwedische Kronen)</b>	<b>Ausgaben (Tausend Euro)</b>
Luft	7,6	690
See und Küste	17,2	1.560
Süßwasser	11,3	1.027
Feuchtgebiete	1,0	900
Wälder	12	1.090
Gebirge	1,5	136
Landwirtschaft	7,5	681
Gesundheit	5,6	509
Toxische Substanzen	7,6	690
Koordination		
Landschaft	6,5	590
<b>Summe</b>	<b>77,8</b>	<b>7.873</b>

Die Kosten für ein Biodiversitätsmonitoring konnten wir für die Schweiz recherchieren: Danach werden in 2005 3 Mio. Franken (1,93 Mio. Euro) veranschlagt (HINTERMANN et al.

2002), angesichts der geringen Flächengröße der Schweiz (41.284 km<sup>2</sup>) gegenüber Deutschland (357.022 km<sup>2</sup>) ist dies ein erheblicher Betrag.

Ein Beispiel für die Kosten eines investigativen GVO-Monitoring liegt mit den „farm scale evaluations“ in Großbritannien vor. Im Rahmen des Programms wurden 1998-2002 5 Mio. Pfund (ca. 7,2 Mio. Euro) zur Untersuchung der Auswirkungen von Herbizidresistenztechnik ausgegeben (CSIRO 2003).

#### 5.4 Kosten des Strahlenschutz-Monitoring

Als Beispiel für ein seit langem bestehendes Frühwarn- und Beobachtungssystem geben wir eine grobe Übersicht über Inhalte und laufende Kosten des Strahlenschutzes. In diesem Umweltproblembereich wurde ein komplexes Überwachungssystem etabliert, das über unterschiedliche raum-zeitliche Skalen und unterschiedlich sensible Messparameter in der Lage ist, ein sehr differenziertes Bild über die jeweilige Belastungssituation zu geben.

**Tab. 21: Kosten für Verwaltung (Genehmigung und Stilllegung von Kernanlagen) und Kostenabschätzung für Strahlenüberwachung in Deutschland**

Bereich	Kosten Bund und Länder (pro Jahr in Mio Euro)
a.) Verwaltungskosten	198*
b.) Strahlenüberwachung in den Bereichen:	
Radioaktivität in der Atmosphäre	3,2
Binnengewässer	6,8
Verschiedene Medien (wie Lebensmittel, Grund- und Trinkwasser)	7,2
Ganzkörpermessungen an Personen	0,13
<b>Kosten Strahlenüberwachung gesamt ca.</b>	<b>17,33</b>

\* Bericht „Atomaufsicht im Hinblick auf Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren für Kernkraftwerke, Forschungsreaktoren sowie die Stilllegung der Anlagen“ [http://www.bmu.de/files/bericht\\_atomrecht.pdf](http://www.bmu.de/files/bericht_atomrecht.pdf)

Statusparameter werden in diesem Zusammenhang nicht erhoben. Die Kosten für die Umsetzung des Strahlenschutzgesetzes teilen sich in a) Verwaltungskosten (Bund: 37 Mio. Euro/Jahr; Länder 161 Mio. Euro/Jahr) und b) Kosten für die Strahlenüberwachung (insgesamt ca. 17,33 Mio. Euro/Jahr, siehe Tab. 21) und c) in Kosten für Katastrophenschutz und technische Vorsorge im weitesten Sinne.

Zu den Verwaltungskosten gehört die Atomaufsicht im Hinblick auf Genehmigungs- und Aufsichtsverfahren für Kernkraftwerke, Forschungsreaktoren sowie die Stilllegung der Anlagen. Die Strahlenüberwachung umfasst mehrere Bereiche:

1. **Überwachung der Radioaktivität in der Atmosphäre** in mehreren Messnetzen, die Bestandteile des IMIS sind (Integriertes Mess- und Informationssystem zur Überwachung der

Umweltradioaktivität). Das IMIS wird vom Bundesamt für Strahlenschutz (Salzgitter) im Auftrag des BMBF fachlich und technisch betreut und enthält u.a.

- ein Messnetz mit ca. 2.150 Messorten,
- 12 Stationen zur Luftüberwachung bezüglich radioaktiver Isotope,
- 6 Messfahrzeuge zur Bestimmung der Bodenaktivität,
- Spurenanalysen von Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in der bodennahen Luft und im Niederschlag.

Die Daten werden auch im Rahmen der europaweiten Überwachung der Umweltradioaktivität für die EU-Berichterstattung nach Art. 35/36 EURATOM bereitgestellt.

**2. Überwachung der Binnengewässer:** Aus ca. 450 Mess-Stellen der Länder sowie zusätzlicher Mess-Stellen der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) werden jährlich ca. 15.000 Einzelwerte erhoben und ausgewertet.

**3. Überwachung verschiedener Medien** wie Lebensmittel, Nahrungsmittelpflanzen sowie Pflanzen, die als Futtermittel dienen, tierische Produkte, Abwasser, Klärschlamm, Reststoffe und Abfälle aus ca. 16.000 Proben jährlich, die von den Ländern entnommen und analysiert werden.

**4. Ca. 450 Ganzkörpermessungen von Radioaktivität an Personen** aus dem Raum München und Karlsruhe.

Damit wird deutlich, dass durch Bund und Länder ein erheblicher Überwachungsaufwand für den Bereich Radioaktivität betrieben wird: Die Kostenaufwendungen (siehe Tab. 21) sind, trotz der erheblichen Effizienz, die dieses Messnetz bereits erreicht hat, mehr als das 10-fach höher als für die von uns kalkulierten Kosten für ein Biodiversitätsmonitoring im Rahmen der ÖFS mit GVO-Erweiterungen.

Abschließend stellen wir zusammen, welcher Nutzen aus den Erhebungen für die ÖFS entstehen würde – für Natur und Umwelt sowie für Mensch und Gesellschaft.

## **6 Resümee: Nutzen der ÖFS mit GVO-Erweiterungen**

### **6.1 Was kann die ÖFS leisten?**

Eine Umsetzung der ÖFS bringt notwendige Daten zur Belastung und zum Zustand von Natur und Landschaft für Politik, für wirtschaftliche Analysen und für Planungsprozesse gleichermaßen: Wie ist es um die Artenausstattung in unserer Region, in ganz Deutschland bestellt? Wo nimmt sie ab? Wo steigt die Vielfalt an? Hat sich die Situation in der Normallandschaft verbessert oder verschlechtert? Werden in ihr die Überlebenskünstler noch häufiger? Dringen Neophyten und Neozoen weiter vor? Wie müssen die Raumplanung und die Gesetzgebung auf solche Prozesse reagieren? Durch ein repräsentatives Monitoring lassen sich erstmals bundesweite Prioritäten für den Naturschutz anhand der objektiven Kenntnis

der überregionalen Situation setzen, was bisher aufgrund sektoraler und regionaler Daten nicht möglich ist.

Die Untersuchung der Normallandschaft folgt der Einsicht, dass biologische Vielfalt nicht allein in isolierten Schutzgebieten bestehen kann. Vielmehr stehen Schutzgebiete und Normallandschaft in engen Interaktionen, die gleichermaßen beobachtet werden müssen. Von daher ist ein Monitoring, wie es innerhalb des FFH-Monitoring vorgesehen ist, fragmentarisch und für sich allein bestehend unzureichend.

Ebenso reicht ein Umweltmonitoring nicht aus, das sich auf Schadstoff- und Klimamessungen oder Holzertragsschätzungen beschränkt. Vielmehr gehört dazu auch, Landschaft und die Vielfalt in ihr repräsentativ und regelmäßig zu beobachten. Ein Biodiversitätsmonitoring sollte nicht bei der Registrierung von Arten stehen bleiben, sondern vielmehr zeigen, dass Arten der Normallandschaft einen wichtigen Beitrag leisten, Belastungen auszugleichen oder zu regulieren. Aus dem Zusammenwirken von biotischer und abiotischer Umwelt ergeben sich wichtige Ökosystemleistungen, die in der Normallandschaft vom Menschen in Anspruch genommen werden wie z.B. die Produktion von Nahrung, Energieträgern und Rohstoffen, Reinigung von Wasser und Erzeugung von Sauerstoff.

Die ÖFS soll einen wichtigen Beitrag zur notwendigen Überwachung liefern, um Umweltleistungen zu erhalten und Natur nachhaltig zu nutzen. Dabei unterstützt das bundesweit repräsentative Erhebungsdesign eine aussagekräftige Berichterstattung über den Zustand von Natur und Umwelt im Wechselspiel mit landes- und bundespolitischen Rahmenbedingungen. Auch andere Politikbereiche können so nach dem Prinzip einer nachhaltigen Entwicklung ausgestaltet werden. Die aktuelle Diskussion um die kommerzielle Nutzung gentechnisch veränderter Pflanzen zeigt, dass sich auch internationale Regelungen und solche der EU auf Natur und Umwelt in Deutschland auswirken.

## **6.2 Synergien zwischen ÖFS und GVO-Monitoring**

Der Gesetzgeber sieht eine Überwachung der erwarteten bzw. unerwarteten, kurz- oder langfristigen Umweltwirkungen eines großflächigen Anbaus von GVO vor (s. Kap. 1.3). Dabei liefert ein bundesweites repräsentatives Stichprobennetz wertvolle Informationen zu einer „baseline“, also zum Ausgangszustand entsprechender Messgrößen. Wir haben in dieser Studie gezeigt, dass schon eine relativ geringfügige Erweiterung von Parametern der ÖFS-Basisvariante wichtige Prüfpunkte eines GVO-Monitoring abdecken kann. Mit Ausnahme des flächendeckenden Transgen-Screening sind diese Prüfpunkte zugleich geeignet, die Aussagekraft der ÖFS hinsichtlich Belastungen und Zuständen der Natur aufzuwerten.

Erste Erprobungen der ÖFS in Nordrhein-Westfalen zeigten die engen Wechselwirkungen zwischen Zustand der Landschaft und Arten. Bei den Brutvögeln wirkten sich viele Parameter der Nutzung auf die Bestände einzelner Indikatorarten aus (s. Kap. 3.3.5). Diese Interak-

tionen sind auch für ein GVO-Monitoring hilfreich, z.B. wenn die Auswirkungen der HR-Technik auf die Biodiversität überwacht werden sollen.

Viele Parameter, die sich aus der Flora ableiten lassen, dienen zugleich als Belastungsanzeiger in der Normallandschaft und für mögliche GVO-Wirkungen, wie die verschiedenen Zeigerwerte oder Strukturdaten. Besonders im Hinblick auf die nächsten Generationen von GVO, die eine Invasivitätsproblematik verstärkt mit sich bringen können, sind diese Parameter hilfreich. Gehölze oder Gräser (wie *Alopecurus*-Arten für Golfrasen) zeigen möglicherweise erhöhte Konkurrenzkraft gegenüber der heimischen Flora und größere Resistenz gegenüber abiotischem Stress. Dabei leistet insbesondere ein flächendeckendes Überwachungssystem wie die ÖFS wichtige Dienste, die durch kein anderes Monitoringprogramm ersetzt werden können. Strukturdaten aus Ebene I (Biotoptypen) würden potenzielle Umschichtungsprozesse in Ebene II ergänzen: Wenn sich z.B. per Fernerkundung sichtbare Etablierungen von GVOs in Biotopen zeigen, kann dies in Ebene II durch genaue Strukturanalysen der Vegetation weiter verfolgt werden.

Synergien sind auch bei Tagfaltern und Laufkäfern zu erwarten: Da Tagfalter als Raupe und Adulte unterschiedliches ökologisches Verhalten zeigen und oft auch verschiedene Habitats bewohnen, sind sie geeignet, mehrfache Belastungsfaktoren anzuzeigen. Von einer Nährstoffbelastung und einer verringerten Beikrautdiversität sind insbesondere die an bestimmten Futterpflanzen fressenden Raupen betroffen, wenn ihre Nahrungspflanzen ausfallen oder dezimiert werden wie z.B. der Kleine Perlmutterfalter (*Issora lathonia*), der an Ackerweilchen (*Viola spec.*) lebt. Bei adulten Tagfaltern, die im Acker auch Blüten besuchen, kann es zu einer direkten Wirkung von B.t.-Toxinen kommen. Die Erhebung der Tagfalter, welche aus Kostengründen nur an Adulten vorgenommen wird, gibt demnach Aufschluss über Wirkungen auf Raupen wie auf adulte Tiere. Ebenso können sich generelle Insektizideffekte mit diesen Wirkungen überlagern (Andreas Lang, mdl. 2004). Insgesamt können Veränderungen in der Tagfalterfauna im Sinne eines „Frühwarnsystems“ für Biodiversitäts- und GVO-Monitoring gleichermaßen verwendet werden. Im Rahmen der ÖFS ist eine ausreichend große Datenmenge zu erwarten, um weitere biodiversitätsmindernde Faktoren wie große Ackerschläge mit geringem Anteil von Randstrukturen analysieren zu können.

Bei den Laufkäfern ist eine deutliche Reaktion auf Ackernutzung gut erforscht (Basedow 1989). Bei intensiver mechanischer Bearbeitung von Äckern verschwinden z.B. große Arten wie *Carabus auratus* zugunsten kleiner, störungstoleranter Arten (Heydemann & Meyer 1983). Ackerränder können dann eine Refugialfunktion übernehmen, da in ihnen die Störungsraten meist geringer sind. Die Herbizidresistenztechnik kann sich sekundär auf die Diversität von Laufkäfern in Randbereichen auswirken, indem Strukturreichtum oder Deckungsgrad der Vegetation verringert werden. Im Rahmen der ÖFS würde die Datenmenge ausreichend sein, die große Heterogenität von Ackerrändern statistisch erfassen zu können.

Hier zeigen sich viel versprechende Analysemöglichkeiten durch Einbeziehung der Ebene I in Ebene II der ÖFS.

Weiterhin könnten sich zahlreiche Parameter, die im Rahmen der ÖFS für andere Taxa herangezogen werden, wie Natürlichkeitsgrade, Lebensstrategien oder Störungstoleranzen auch für Tagfalter und Laufkäfer eignen. Insgesamt bietet sich ein großes Potenzial neuer zusätzlicher Auswertungsmöglichkeiten, indem z.B. ökologische Funktionsgruppen oder der Vollständigkeitsgrad von Zoozönosen in die Datenauswertungen einbezogen werden.

Nach Umsetzung der ÖFS ist zu prüfen, wie weit es sinnvoll ist, sie stufenweise zu erweitern (wie in der Optimalvariante vorgesehen). Andere Länder wie Großbritannien oder die Schweiz haben im Laufe ihres Biodiversitätsmonitoring erkannt, dass weitere Indikatorengruppen wichtige zusätzliche Umweltproblembereiche abdecken.

Als nahe liegender Schritt sollte der Boden in die Überwachung einbezogen werden. Die Organismen in Ackerböden sind möglichen GVO-Wirkungen unmittelbar ausgesetzt und die Leistungen der Bodenzönose tragen entscheidend zur Nutzbarkeit des Ökosystems bei. Eine weitere Abdeckung von Umweltmedien würde die Erweiterung der ÖFS durch Gewässerorganismen mit sich bringen. Dabei würden vor allem über den Acker hinausreichende Wirkungen erfassbar sein und zudem die funktionellen Zusammenhänge zwischen Erdreich, Vegetationsschicht und Wasser noch besser beleuchtet werden können. Nach Umsetzung der ÖFS ist zu prüfen, wie weit eine stufenweise Erweiterung der ÖFS (wie in der Optimalvariante vorgesehen) sinnvoll ist.

### **6.3 *Hand in Hand mit anderen Umweltüberwachungen – Das Konzept der integrierten Messstellen***

Um das GVO-Monitoring vollständig zu etablieren, ist die Integration einer Reihe von Umweltmessnetzen erforderlich. Das Modul 1 „Transgenverbreitung“ kann nur umgesetzt werden, wenn Daten aus dem GVO-Anbauregister, der Überwachung des Saatgutverkehrsgesetzes und molekulargenetische Analysen von Proben aus den Pollenmessnetzen zur Verfügung stehen.

Letztendlich ergeben sich erhebliche Kosteneinsparungen, wenn das Umsetzungsmodul „Boden“ über das bereits bestehende Messnetz der Bodendauerbeobachtung (BDF) umgesetzt werden kann. Synergiepotenzial steckt auch in der Nutzung von Daten der Pflanzenschutzdienste, des Bundessortenamts und von Gewässermessnetzen, die schon erhoben werden oder im Zuge der Wasserrahmenrichtlinie eingerichtet werden. Eine Harmonisierung und ggf. notwendige Erweiterung dieser Messnetze wird zwar Anfangskosten verursachen, die sich jedoch im Hinblick auf den potenziellen Nutzen langfristig unbedingt auszahlen.

Die Beispiele zeigen, wie wichtig die Integration bestehender Messnetze ist, um komplexe und vielschichtige Umweltbereiche zu überwachen. Gerade die GVO-Problematik verlangt

wegen ihrer multidimensionalen Auswirkungen eine solche Integration. Eine integrierte Umweltüberwachung wurde bereits als ein Kernpunkt für die Ökologische Umweltbeobachtung (Schönthaler et al. 2003) diskutiert. Leitgedanke ist dabei, Daten aus allen umliegenden Standorten eines Naturraums an einer Stelle, der integrierten Dauerbeobachtungsfläche (IDF) zusammenzuführen und zu bewerten. So können Aussagen über den ökologischen Gesamtzustand eines Landschaftsausschnitts gemacht werden. Dieses Ziel wurde bereits in Vorhaben des UBA und des Statistischen Bundesamtes verfolgt (Fränzle et al. 2001, Schönthaler et al. 2003). Die IDF bietet eine erhebliche Informations-Rückkoppelung zu allen beteiligten Messnetzen und zugleich ein Datennetz, um komplexe und lebenswichtige Zusammenhänge wie Ökosystemfunktionen und –leistungen zu beobachten und zu erforschen.

#### **6.4 Synergien mit dem FFH-Monitoring**

Die wichtigsten Synergie-Effekte zwischen ÖFS und FFH-Monitoring wurden bereits aufgezeigt (Kap. 4.4). Hinsichtlich des Artenmonitoring sind Synergien zwischen ÖFS und FFH-Monitoring besonders bei den Vögeln (s. Tab. B2 Anhang) und Tagfaltern zu erwarten (Tab. B 3 Anhang). Wie das Beispiel des Biodiversitätsmonitorings in der Schweiz zeigte, werden bei repräsentativer Beobachtung von Normallandschaften immer wieder unerwartete Verbreitungsbilder aufgedeckt. Viele als geographisch restriktiv eingestufte Arten können durchaus in größeren Arealen zu erwarten sein.

Angesichts der bestehenden Berichtspflichten für die EU und der nicht zu vernachlässigenden Kosten für das FFH-Monitoring allein lassen sich bei einer effektiven Koppelung mit der ÖFS erhebliche Kosten sparen. Dabei tun sich gleichermaßen aus Ebene I und Ebene II der ÖFS Synergie-Effekte auf: Durch die ÖFS werden die wesentlichen Belastungsfaktoren aufgedeckt (wie Zerstörung, Zerschneidung, Nutzungsintensivierung oder –aufgabe, Eutrophierung), die auf das Schutzgebietssystem einwirken. Auch wenn sich das FFH-Monitoring in erster Linie auf naturnahe bzw. extensiv genutzte Lebensräume bezieht, stehen diese doch mit der Normallandschaft in engem Zusammenwirken. Hier sollte vordringlich auf diese Wechselwirkungen zwischen Ökosystemprozessen in stark, wenig genutzter und ungenutzter Landschaft geachtet werden. FFH-Monitoring und ÖFS können dabei eine geradezu ideale Kombination bieten. Immerhin liegen nach einer ersten Schätzung – je nach vorherrschender Landnutzung – zwischen 0.7 % und 3 % der Schutzgebietsflächen Deutschlands innerhalb von ÖFS-Stichprobenflächen (Mitschke et al. 2005). Die Gesamtheit der ÖFS-Stichprobenflächen deckt dagegen einen geringeren Anteil, nämlich 0.35 % der Fläche Deutschlands ab. Durch die ÖFS können insbesondere die flächenhaft verbreiteten, nicht prioritären FFH-Lebensraumtypen (s. Tab. B1 im Anhang) beobachtet werden, die zu einem erheblich geringeren Anteil in FFH-Gebieten liegen (z.B. in Schleswig-Holstein um 30%, mit erheblicher Variation). Bei einer flexiblen Auswahl der ÖFS-Stichprobenflächen ließe es sich

einrichten, FFH-Lebensraumtypen außerhalb der Schutzgebiete repräsentativ zu erfassen – der Synergie-Effekt wäre dann besonders groß. Weiterhin kann die ÖFS einen wichtigen Beitrag zur Fortschreibung der Roten Liste Biotoptypen leisten, was bisher nur mit großem Aufwand möglich ist.

## 7 Verwendete Literatur

- AD HOC – „ARBEITSGRUPPE NATURSCHUTZ UND GENTECHNIK“ DER LANA, LAG UND DER BUND-LÄNDER AG  
„MONITORING VON UMWELTWIRKUNGEN GENTECHNISCH VERÄNDERTER PFLANZEN“ (Ad hoc – AG)  
(2004): Arbeitsauftrag der vACK der 61. UMK Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Organismen – insbesondere Monitoring von GVO und seine Finanzierung vom 17. Juni 2004; unveröff.
- AAÖ (ARBEITSGRUPPE ANGEWANDTE ÖKOLOGIE) (2003): Pilotprojekt Naturschutzmonitoring Baden-Württemberg - Ökologische Flächenstichprobe Ebene I - Landschafts- und Biotopqualität.- Unveröffentlichte Studie im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Karlsruhe.
- BACK H.-R., ROHNER M.-S., SEIDLING W. & WILLEKCE S. (1996): Konzepte zur Erfassung und Bewertung von Landschaft und Natur im Rahmen der „Ökologischen Flächenstichprobe“. – Wiesbaden (Statistisches Bundesamt) – Beiträge zur Umweltökonomischen Gesamtrechnung 6, UGR-Materialien, 286 S.
- BASEDOW, T. (1989): Die Bedeutung von Pestizidanwendungen für die Existenz von Tierarten in der Agrarlandschaft.- Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 29: 151-168.
- BAUER, H.-G., BERTHOLD, P., BOYE, P., KNIEF, W., SÜDBECK, P. & WITT, K. (2002): Rote Liste der Brutvögel Deutschlands.- Ber. Vogelschutz 39: 13-60
- BBA (BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT) (2000): Anbaubegleitendes Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen im Agrarökosystem.- Mitteilungen aus der BBA-Arbeitsgruppe, erweiterte Fassung der Veröffentlichung im Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes (Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 52 (9), ISSN 0027-7479) über [www.bba.de](http://www.bba.de)
- BERNES, C. (2003): Swedish environmental protection Agency.- [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)
- BERSTEIN, I.L., BERNSTEIN, J.A., MILLER, M., TIERZIEVA, S., BERNSTEIN, D.I., LUMMUS, Z., SELGRADE, M.K., DOERFLER, D.L. & SELIGY, V.L. (1999): Immune responses in farm workers after exposure to *Bacillus thuringiensis* pesticides. Environmental Health Perspectives 107, 757-582.
- BEZZEL, E. (1982): Die Vögel der Kulturlandschaft.- Ulmer, Stuttgart.
- BIBBY, C.J., BURGESS, N.D. & HILL, D.A. (1995): Methoden der Feldornithologie. Bestandserfassung in der Praxis.- Neumann, Radebeul, 270 S.
- BLAB, J. (1986): Biologie, Ökologie und Schutz von Amphibien.- Schriftenr. f. Landschaftspf. u. Naturschutz Bonn 18, 3. Aufl.
- B/L-AG (BUND/LÄNDER-ARBEITSGRUPPE MONITORING VON UMWELTWIRKUNGEN GENTECHNISCH VERÄNDERTER PFLANZEN) (2003): Entwurf eines Konzepts für das Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen. UBA-Texte 23/03, 169-209.
- BRECKLING, B., BRAND, V., WINTER, G., FISAHN, A. & PAGH, P. (2003): Fortschreibung des Konzeptes zur Bewertung von Risiken bei Freisetzungen und dem Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Organismen.- Umweltbundesamt Texte 3/04.

- COENEN, R. (2000): Konzeptionelle Aspekte von Nachhaltigkeitsindikatorensystemen.- TA-Datenbank-Nachrichten 2 (9): 47-53.
- COUNTRYSIDE SURVEY (2000): The reports from 2000.- [www.cs2000.org.uk](http://www.cs2000.org.uk)
- CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) (2003): Findings from th UK farm scale evaluations of genetically modified herbicide tolerant crops - an appraisal of their implications for Australia.-  
[http://www.csiro.au/proprietaryDocuments/CSIRO\\_FSE\\_appraisal.pdf](http://www.csiro.au/proprietaryDocuments/CSIRO_FSE_appraisal.pdf)
- DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2001): Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates.
- DE MAAGD R.A., BRAVO, A. & CRICKMORE, H. (2001): How *Bacillus thuringiensis* has evolved toxins to colonise the insect world. -Trends Genet. 17, 193-199.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie - Grundlagen und Methoden.- Ulmer, Stuttgart.
- DIERSEN, K. & HOFFMANN-MÜLLER (2004) Naturschutzziele, Naturschutzplanung und Indikatoren für den Zustand der Natur aus der Ökologischen Flächenstichprobe. In: Wiggering H, Müller F (Hrsg.) Umweltziele und Indikatoren wissenschaftliche Anforderungen und ihre Festlegung und Fallbeispiele. Springer Berlin, Heidelberg, New York, Honkong, London, Mailand, Paris, Tokio, 267-308
- DOE/UK DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, TRANSPORT AND THE REGIONS (1998): Sustainability counts. Wildlife: Populations of wild birds. -  
<http://www.environment.detr.gov.uk/sustainable/consult/sust16.htm>.
- DREYER, W. (1986): Die Libellen.- Gerstenberg Verlag, Hildesheim.
- DRÖSCHMEISTER, R. (2001): Bundesweites Naturschutzmonitoring in der „Normallandschaft“ mit der Ökologischen Flächenstichprobe. Natur und Landschaft 76, 58-69.
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobot. 18: 1-258.
- ELZINGA C.L., SALZER, D.W., WILLBOUHL, J.W. & GIBBS, J.P. (2001): Monitoring Plant and Animal Populations. Blackwell Science.
- FARTMANN, T., GUNNEMANN, H., SALM, P. & SCHRÖDER, E. (2001): Berichtspflichten in Natura-2000-Gebieten.- Angewandte Landschaftsökologie 42, 725 S. + Anhang.
- FLADE, M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands.- IHW-Verlag, Eching.
- FRÄNZLE O., RUDOLPH, H. & DÖRRE, U. (1991): Erarbeitung und Erprobung einer Konzeption für die ökologisch orientierte Planung auf der Grundlage der regionalisierenden Umweltbeobachtung am Beispiel Schleswig-Holsteins.- Ergebnisbericht zum F&E-Vorhaben Nr. 109 02 033. Polykopie; Geographisches Institut der Universität Kiel, 194 S.
- FERGUSON-LEES, J. & WILLIS, I. (1987): Vögel Mitteleuropas.- BLV, München, Wien, Zürich.
- GenTBeobV (2004): Verordnung über die Beobachtung von Produkten, die aus gentechnisch veränderten Organismen bestehen oder solche enthalten (Gentechnik-Beobachtungsverordnung), Entwurf in Verbändeabstimmung, Stand 17. September 2004.
- HEINEMANN J.A. & TRAAVIK, T. (2004): Problems in monitoring horizontal gene transfer in field trials of transgenic plants. - Nature Biotechnology 22: 1105-1109.

- HELLAWELL, J.M. (1991): Development of a rationale for monitoring. In: Goldsmith, F.B. (ed.) Monitoring for Conservation and Ecology. Chapman and Hall, London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 1-14
- HEYDEMANN, B. & MEYER, H. (1983): Auswirkungen der Intensivkultur auf die Fauna in den Agrarbiotopen.- Schriftenreihe des Deutschen Rats für Landespflege.42: 174-191.
- HEYDEMANN, B. (1997): Neuer Biologischer Atlas - Ökologie für Schleswig-Holstein und Hamburg.- Wachholtz Verlag, Neumünster.
- HEYWOOD, V.H. & WATSON, R.T. (1995): Global biodiversity assessment.- Cambridge University Press, 1140 S.
- HILBECK & MEIER (in Vorb.): Biotische Wirkungsakkumulatoren und Erhebungsmethoden für ein GVO-Monitoring (Phase 1). Abschlussbericht für das Bundesamt für Naturschutz (BfN), unveröffentlicht.
- HILDEBRANDT, J. (1995): Erfassung von terrestrischen Wirbellosen in Feuchtgrünlandflächen im norddeutschen Raum - Kenntnisstand und Schutzkonzepte.- Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz 4 (1995):181-201.
- HILDEBRANDT, J., DZIOCK, F., BÖHMER, H. J., BRUNKE, M., FOCKLIER, F., SCHOLTEN, M., SCHOLZ, M. & HENLE, K. (2005): Ökologische Konzepte und Theorien zu Fluss- und Auenlebensräumen.- in: (SCHOLZ, M., STAB, S., DZIOCK, F. & HENLE, K.) (Hrsg.): Lebensräume der Elbe und ihre Auen.- Band 4, Weißensee Verlag, Berlin, 265-296.
- HINTERMANN & WEBER AG (2004): Erhebungsdesign für eine deutschlandweite Überwachung ausgewählter Arten und Artengruppen. Technischer Bericht & Empfehlungen im Auftrag der EcoStrat GmbH, Zürich, 570 Bericht GVP-D v2 – unveröff.
- HINTERMANN, U., WEBER, D., ZANGGER, A. & SCHMILL, J. (2002): Biodiversitäts-Monitoring Schweiz BDM, Zwischenbericht.- Hrsg.: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Schriftenreihe Umwelt Nr. 342, 89 S.
- HOFFMANN-KROLL, R., SCHÄFER, D. & SEIBEL, S. (1995): Indikatorensystem für den Umweltzustand in Deutschland. Wirtschaft und Statistik (8): 589-597.
- HOFFMANN-KROLL, R., SCHÄFER, D. & SEIBEL, S. (1997): Naturvermögen in den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Wirtschaft und Statistik (10): 696-706.
- HOFFMANN-KROLL, R., SCHÄFER, D. & SEIBEL, S. (1998): Biodiversität und Statistik – Ergebnisse des Pilotprojekts zur Ökologischen Flächenstichprobe. Wirtschaft und Statistik (1): 60-75.
- HOFMANN, F., SCHLECHTRIEMEN, U., WOSNIOK, W. & FOTH, M. (2005) GVO-Pollenmonitoring – Technische und biologische Pollenakkumulatoren und PCR-Screening für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. BfN-Skripten 139, Bonn, Bad Godesberg.
- IHGSC (INTERNATIONAL HUMAN GENOME SEQUENCE CONSORTIUM) (2004): Finishing the euchromatic sequence of the human genome. Nature 431: 931.
- KÖNIG, H. (1999): Die Bedeutung der Vögel als Indikatoren in der Ökologischen Flächenstichprobe (ÖFS, Landschaftsmonitoring).- LÖBF-Mitteilungen 2/99: 79-93
- KÖNIG, H. (2003): Naturlandschaft der nordrhein-westfälischen Normallandschaft.- LÖBF-Mitteilungen 2/03: 15-23.
- LHEREUX, K.; LIBEAU-DULOS, M.; NILSGÅRD, H.; RODRIGUEZ CEREZO, E.; MENARD, K. & MENARD, M.;

- VORGRIMLER, D. (2003): Review of GMOs under research and development and in the pipeline in Europe. IPTS, JRC, European Commission. <http://www.jrc.es/gmoreview.pdf> .
- LÖBF (2004): Ökologische Flächenstichprobe in Nordrhein-Westfalen: Ausgewählte Erfassungsbögen, Karten und Kartieranleitungen, unveröffentlicht.
- LOSEY, J.E. & RAYNOR, L.S. & CARTER, M.E. (1999): Transgenic pollen harms monarch larvae.- *Nature* 399: 214.
- LUFTBILD BRANDENBURG GmbH (2000): Vorlaufphase zur Ökologischen Flächenstichprobe (Teil 2): Überprüfung der Verwendbarkeit von Satellitendaten in der Ökologischen Flächenstichprobe.- Abschlussbericht, unveröff.
- MITSCHE, A.; SUDFELDT, S.; HEIDRICH-RISKE, H. & DRÖSCHMEISTER, R. (2005): Brutvogelmonitoring in der Normallandschaft Deutschlands – Untersuchungsgebiete, Erfassungsmethode und erste Ergebnisse. – *Vogelwelt* 126 (im Druck).
- MORENO-FIERROS L., CARCIA N., LOPEZ-REVILLA, R. & VAZQUEZ-PADRON, R.I. (2002): Intranasal, rectal and intraperitoneal immunization with protoxin Cry 1Ac from *Bacillus thuringiensis* induces compartmental serum, intestinal, vaginal and pulmonary immune responses in Balb/c mice. *Microbes and Infection* 2: 885-890.
- MUNLV-NRW (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW) (2003): Handlungskonzept für ein Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen im Rahmen der ÖFS-NRW. Institut für Vegetationskunde, Ökologie und Raumplanung, November 2003; unveröff., Düsseldorf.
- OECD (1994): Environmental Indicators - OECD Core Set. OECD, Paris, <http://www.oecd.org/env/indicators/index.htm>
- PFADENHAUER, J., POSCHLOD, P. & BUCHWALD, R. (1986): Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil I. – *Ber. Bayer Akad. Naturschutz Landespflege (ANL)* 10: 41-60
- RAMMERT, U. (1999): Umweltbeobachtungsprogramme des Landes Schleswig-Holstein. *EcoSys* 7: 117-127 (Universität Kiel, Ökologiezentrum).
- RIECKEN, U., BINOT-HAFKE, M., GRUTKE, H., KORNECK, D. & LUDWIG, G. (2000): Fortschreibung und Perspektiven von bundesweiten Roten Listen.- *Schriftenr. Landschaftspflege Naturschutz* 65: 231-255.
- SCHÖNTHALER, K., MEYER, U., POKORNY, D., REICHENBACH, M., SCHULLER, D. & WINDHORST, W. (2003): Ökosystemare Umweltbeobachtung – Vom Konzept zur Umsetzung. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Umweltbundesamt (Hrsg.), Erich Schmidt Verlag.
- SETTELE, J., FELDMANN, R. & REINHARDT, R. (1999): *Die Tagfalter Deutschlands*.- Ulmer, Stuttgart.
- SQUIRE, G.R., BROOKS, D.R., BOHAN, D.A., CHAMPION, G.T., DANIELS, R.E., HAUGHTON, A.J., HAWES, J., HEARD, M.S., HILL, M.O., MAY, M.J., OSBORNE, J.L., PERRY, J.N., ROY, D.B., WOIWOD, I.P. & FIRBANK, L.G. (2003): On the rationale and interpretation of the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 358, 1779-1799.
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1998): *Umweltgutachten 1998*.- Metzler-Poeschel, Stuttgart.

- STATISTISCHES BUNDESAMT & BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (Hrg.) (2000): Konzepte und Methoden zur Ökologischen Flächenstichprobe – Ebene II: Monitoring von Pflanzen und Tieren. Angewandte Landschaftsökologie 33.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (1998): Ökologische Flächenstichprobe. Ergebnisse der gemeinsamen Pressekonferenz am 3. Februar 1998 im Bonner Presseclub.
- SUKOPP, H. & TREPL, L. (1987): Extinction and naturalization of plant species as related to ecosystem structure and function.- Ecological Studies 61: 245-276, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- THIELE, H.-U. (1977): Carabid Beetles in their Environments. - Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 370 S.
- TRAAVIK, T. (2004): The Cartagena protocol, the Precautionary principle, „sound science“ and „early warnings“. Unveröff.
- TRAUTNER, J. (1992): Arten- und Biotopschutz in der Planung: Methodische Standards zur Erfassung von Tierartengruppen.- Weikersheim (Margraf), 254 S.
- Umweltbundesamt (UBA) 2000: Ziele für die Umweltqualität.- Eine Bestandsaufnahme. Erich Schmidt - Verlag, Berlin
- VAZQUEZ-PADRON, R.I., GONZALES-CABRERA, J., GARCIA-TOVAR, C., NERI-BAZAN, L., LOPEZ-REVILLA, R., HERNANDEZ, M., MORENO-FIERROS, L. & DE LA RIVA, G.A. (2000): Cry1Ac Protoxin from *Bacillus thuringiensis* sp. Kurstaki HD73 binds to surface proteins in the mouse small intestine. Biochemical and Biophysical Research Communications 271: 54-58.
- WEIDEMANN, H.-J. (1988): Tagfalter.- Neumann-Neudamm, Melsungen.
- WIGGERING, H., MÜLLER, F. (Hrsg.) (2004): Umweltziele und Indikatoren – wissenschaftliche Anforderungen und ihre Festlegung und Fallbeispiele. Springer Berlin, Heidelberg, New York, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokio.
- WILSON, E.O. (Hrsg.) (1992): Ende der biologischen Vielfalt? - Der Verlust von Arten, Genen und Lebensräumen und Chancen für eine Umkehr. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, 557 S.
- WOLF, H. (2000): Vögel im Rapsfeld - Müssen die Naturschützer umdenken?  
<http://nature2000.tripod.com/Umwelt/rapsfeld.htm>
- ZÜGHART, W. & BRECKLING, B. (2003): Konzeptionelle Entwicklung eines Monitoring von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen. UBA-Texte 50/03.

## 8 Anhang

### Anhang A: Kulturpflanzen und gentechnische Veränderungen

Tab. A1: Kulturpflanzen, an denen gentechnische Veränderungen vorgenommen werden

(X<sup>a</sup> Lheureux et al. 2003, X transgen (<http://www.transgen.de/Suchen/search.php?typ=1>; Stand 16.12.03).

Wirkung der gentechnischen Veränderung	Herbizid-Toleranz	Fettstoffwechsel	Ligningehalt	Pilzresistenz	Resistenz gegen abiotischen Stress	Steigerung des Ernteertrags	Optimierung des Reifeprozesses (der Haltbarkeit)	Insektengiftigkeit	Stärkegehalt- und Zusammensetzung	Virusresistenz	Proteingehalt	Männliche Sterilität	Morphologische Merkmale	Gesundheitsbezogene Zusammensetzungen (health-related compounds)	Steigerung „funktioneller“ Inhaltsstoffe	weitere
Ananas				X											X	
Apfelbäume				X				X								
Aubergine				X				X								
Banane				X												
Bäume			X <sup>a</sup>													
Baumwolle	X <sup>a</sup>							X <sup>a</sup>								
Birne							X									
Blumen							X <sup>a</sup>					X <sup>a</sup>				
Blumenkohl	X							X			X					
Bohne	X							X		X						
Broccoli	X							X			X					
Cassava																Verbesserung der Produktqualität
Chicoree	X <sup>a</sup>										X <sup>a</sup>					
Dattelpflaume					X			X		X						
Erbse	X									X						
Erdbeere	X			X												Veränderung des Blühzeitpunkts
Erdnuss										X						
Eukalyptus																Wachstumsbeschleunigung
Flachs	X															
Futtermübe	X <sup>a</sup>															
Gartenkürbis										X						
Gerste	X <sup>a</sup>			X											X	
Getreide	X <sup>a</sup>				X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>										
Grapefruit				X				X		X						
Gräser					X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>										
Gurke				X				X		X						
Hafer										X						
Himbeere							X									

Hopfen										X							Verbesserung der Produktqualität
Kaffee							X										Senkung des Koffeingehaltes
Kakao		X		X	X	X		X									größere Bohnen
Karotten				X												X <sup>a</sup>	
Kartoffel				X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>		X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>					X <sup>a</sup>	
Kirsche							X										
Kiwi				X			X										
Kohl	X							X					X				
Kokosnuss		X						X									
Linse	X																
Lupine	X																
Luzerne	X																Verbesserung der Produktqualität
Mais	X <sup>a</sup>							X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>		X <sup>a</sup>	X				X <sup>a</sup>	
Mango				X			X	X									
Melone	X									X <sup>a</sup>							
Nelke							X <sup>a</sup>						X <sup>a</sup>				
Obstbäume				X <sup>a</sup>						X <sup>a</sup>							
Olive				X													
Orange				X				X		X							
Papaya										X							
Pappeln			X														
Paprika				X			X			X							
Pfeffer				X			X			X							
Pflaume							X			X							
Radicchio	X												X				
Raps	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>		X <sup>a</sup>								X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>				
Reis	X <sup>a</sup>			X				X		X							X <sup>a</sup>
Rosen							X								X		
Salat	X									X							
Senf	X																
Sojabohne	X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>		X				X		X							
Sonnenblume				X <sup>a</sup>				X									
Süßkartoffel				X						X	X						
Tabak	X <sup>a</sup>															X <sup>a</sup>	
Tomaten	X						X <sup>a</sup>	X		X <sup>a</sup>					X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>	
Walnuss	X			X				X		X							
Wassermelone										X							
Weintraube				X													
Weizen	X <sup>a</sup>			X <sup>a</sup>													
Zucchini										X							
Zuckermais								X <sup>a</sup>									
Zuckermelone	X						X			X							
Zuckerrohr	X							X		X							
Zuckerrübe	X <sup>a</sup>								X <sup>a</sup>	X <sup>a</sup>							
Zwiebel	X									X							

**Tab. A2: GVP, mit deren Inverkehrbringen in 6-10 Jahren gerechnet werden muss**

Überwiegend befinden sich die gentechnisch veränderten Kulturarten in der Feldversuchsphase, d.h. es sind noch keine Anträge auf Inverkehrbringen gestellt worden (Lheureux et al. 2003, transgen 2003).

<b>Art / Wirkung der gentechnischen Veränderung</b>	<b>Kulturpflanze</b>
Herbizid-Toleranz	Getreide (Weizen, Reis, Gerste)
Virus-Resistenz	Zuckerrübe, Kartoffel, Tomate, Melone, Fruchtbäume (keine weiteren Angaben)
Pilz- und Virus-Resistenz	Kartoffeln, Früchte (keine weiteren Angaben)
Pilz-Resistenz	Raps, Weizen, Sonnenblume, Fruchtbäume
Modifizierung/Steigerung des Proteingehaltes	Raps, Mais, Kartoffel
Steigerung „erucic acid“?	Raps (für technischen Gebrauch)
Modifikation des Fettsäuregehaltes	Raps, Sojabohne
Modifikation der Stärke/Oligosaccharide	Mais, Kartoffel, Zuckerrübe

**Tab. A3: GVP, mit deren Inverkehrbringen frühestens in 10 Jahren gerechnet werden muss.**

Größtenteils befinden sich die gentechnischen Modifikationen noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase (Lheureux et al. 2003, transgen 2003).

<b>Art / Wirkung der gentechnischen Veränderung</b>	<b>Kulturpflanze</b>
Resistenz gegen abiotischem Stress, Steigerung des Ernteertrags	vor allem bei Getreide, Gräsern und Kartoffeln, aber auch bei anderen Pflanzen
gesundheitsbezogene Zusammensetzungen („health-related compounds“)	Tabak, Mais, Tomate, Kartoffel (diese werden oft in Laborprojekten genutzt)
Steigerung „funktioneller“ Inhaltsstoffe	„Grundnahrungsmittel“ wie Reis oder Gemüse (z.B. Karotten, Tomaten)
Nutzung von Pflanzen als Bioreaktoren für die Produktion einer hohen Bandbreite an (hochwertigen) Substanzen	noch nicht klar
Modifikation des Ligningehaltes	Bäume (keine weiteren Angaben)

**Tab. A4: Bei der Europäischen Kommission unter Direktive 2001/18/EC gestellte Anträge auf Inverkehrbringen.**

(Stand 26. Februar 2003, Lheureux et al. 2003, \*transgen 2003)

<b>GVP</b>	<b>Art bzw. Wirkung der gentechnischen Veränderung</b>	<b>Verwendungszweck</b>	<b>Stand der Zulassung</b>
Raps	Herbizid- Resistenz (GT 73)	Import, industrielle Verarbeitung, Futtermittel (kein Anbau)	ausstehend, Antrag 16/01/03 bei EU Kommission gestellt
Mais (Roundup Ready NK603)	tolerant gegenüber Glyphosat- Herbizid	Import, industrielle Verarbeitung, Futtermittel (kein Anbau)	ausstehend, Antrag 17/01/03 bei EU Kommission gestellt
Mais (Hybrid MON810xNK603)	Glyphosat- Toleranz und Bt toxin enthaltend	Import, industrielle Verarbeitung, Futtermittel (kein Anbau)	ausstehend, Antrag 15/01/03 bei EU Kommission gestellt
Kartoffel	veränderte Stärkezusammensetzung	Anbau, industrielle Stärkeproduktion (nicht für die menschliche Ernährung)	ausstehend, Antrag 15/01/03 bei EU Kommission gestellt (18/07/02 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)
Raps (Ms8, Rf3)	keine Angabe	Import und Anbau als Futtermittel und für die industrielle Verarbeitung	ausstehend, Antrag 05/02/03 bei EU Kommission gestellt (19/05/98 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)
Sojabohnen (A 2704-12 und A 5547-127)	Glufosinat- Toleranz	Import (keine weitere Angabe)	ausstehend, Antrag 05/02/03 bei EU Kommission gestellt
Zuckerrübe (Roundup Ready T9100152)	Glyphosat- Toleranz	Anbau, Futtermittel, Herstellung von Zucker und anderen Produkten	ausstehend, Antrag 05/02/03 bei EU Kommission gestellt
Raps (FALCON GS40/90pHoe 6/Ac)	tolerant gegenüber Glufosinat- Ammonium- Herbiziden	Import und Anbau	ausstehend, Antrag 07/02/03 bei EU Kommission gestellt (30/11/00 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)
Zuckerrübe (Roundup Ready H7-1)	Glyphosat- Toleranz	Anbau Herstellung von Zucker und anderen Produkten	ausstehend, Antrag 07/02/03 bei EU Kommission gestellt
Mais (MON 863 X MON 810)	Schutz gegen bestimmte Insektenplagen	Import (kein Anbau)	ausstehend, Antrag 07/02/03 bei EU Kommission gestellt
Raps (T45)	tolerant gegenüber Glufosinat- Ammonium- Herbiziden	Import, Futtermittel, industrielle Verarbeitung	ausstehend, Antrag 10/02/03 bei EU Kommission gestellt
Mais (Linie 1507—CRY1F)	Herbizid- und Insekten- Resistenz	Import und Verarbeitung (kein Anbau)	ausstehend, Antrag 12/02/03 bei EU Kommission gestellt
Baumwolle (Linie 531)	Insekten- Schutz, expremiert Bt cry1A(c)	Import, Verarbeitung und Anbau	ausstehend, Antrag 12/02/03 bei EU Kommission gestellt (14/07/98 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)
Baumwolle (Roundup Ready Linie 1445)	Herbizid- Toleranz	Import, Verarbeitung und Anbau	ausstehend, Antrag 12/02/03 bei EU Kommission gestellt (14/07/98 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)
Mais (Roundup Ready GA21)	Glyphosat- Toleranz	Futtermittel, industrielle Verarbeitung	ausstehend, Antrag 13/02/03 bei EU Kommission gestellt (22/09/00 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)

<b>GVP</b>	<b>Art bzw. Wirkung der gentechnischen Veränderung</b>	<b>Verwendungszweck</b>	<b>Stand der Zulassung</b>
Mais (Mais-Gard/Roundup Ready gewonnen aus MON 810 und GA21)	tolerant gegenüber Glyphosat und dem Cry1Ab Protein des B.t.	Import, Futtermittel, industrielle Verarbeitung (kein Anbau)	ausstehend, Antrag 13/02/03 bei EU Kommission gestellt
Mais (1507 oder B.t. Cry1F 1507)	keine Angabe	Import, Futtermittel, industrielle Verarbeitung, Anbau	ausstehend, Antrag 13/02/03 bei EU Kommission gestellt
Futtermittel (Roundup Ready Linie A5/15)	keine Angabe	Anbau, Futter	ausstehend, Antrag 26/02/03 bei EU Kommission gestellt (23/06/98 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)
Mais * (B.t. 11)	Schutz vor Insekten (Ostrinia nubilalis, Sesamia nonagrioides)	Futtermittel, menschliche Ernährung („sweet corn“), industrielle Verarbeitung	ausstehend, Antrag Jan. 03 (?) bei EU Kommission gestellt (30/11/03 positiv durch EU Scientific Committee beurteilt)
Baumwolle* (Linien 10215 und 10222)	Brombnil- Toleranz	Import von Samen und Produkten	ausstehend, keine Angabe zum Datum der Antragstellung gefunden
Reis* (LLRICE 62)	Glufosinat- Toleranz	Import, Nutzung wie jeden anderen Reis	ausstehend, Antrag 22/08/03 bei EU Kommission gestellt

**Tab. A5: Zeithorizont gentechnisch veränderter Pflanzen, in dem ihr Inverkehrbringen zu erwarten ist.**

(Quelle: Lheureux et al. 2003)

<sup>1</sup> Getreide inklusive Weizen und Gerste

<sup>2</sup> geringe Zahl von Feldversuchen

<sup>3</sup> sehr geringe Zahl von Feldversuchen

<b>Eigenschaft</b>	<b>Forschungs &amp; Entwicklungs Phase (in frühestens 10 Jahren zu erwarten)</b>	<b>Freisetzungsphase (in 6-10 Jahren zu erwarten)</b>	<b>Anträge auf Inverkehrbringen genehmigt oder im Antragsverfahren (in den nächsten 5 Jahren zu erwarten)</b>
Herbizid- Toleranz	Getreide <sup>1</sup>	Mais, Raps, Weizen, Zuckerrübe, Getreide <sup>1,2</sup> , Futterrübe <sup>3</sup> Sojabohne <sup>2</sup> , Baumwolle <sup>2</sup>	Mais, Raps, Sojabohne, Tabak, Baumwolle, Chicoree Zuckerrübe, Futterrübe,
Insekten- Resistenz	Kartoffel	Mais, Kartoffel, Baumwolle <sup>2</sup>	Mais, Baumwolle
Resistenz gegenüber Pathogenen	Getreide <sup>1</sup> , Kartoffel, Zuckerrübe, Raps, Tabak, Früchte	Zuckerrübe, Tomate, Kartoffel, Raps, Sonnenblume <sup>2</sup> , Melone <sup>2</sup> , Früchte <sup>2</sup>	-
Erhöhung der Toleranz gegenüber abiotischem Stress, Steigerung des Ernteertrags	Ackerschmalwand ( <i>Arabidopsis thaliana</i> ), Tabak, Getreide <sup>1</sup> , Gräser, Kartoffel	Tabak	-
männliche Sterilität	-	Raps, Mais, Chicoree <sup>2</sup>	Raps, Chicoree
Modifikation der Inhaltsstoffe/ Nährstoffe	Raps, Kartoffel, Mais, Getreide <sup>1</sup> , Sojabohne, Zuckerrübe, Tabak, Ackerschmalwand,	Kartoffel, Raps, Mais <sup>3</sup> , Weizen <sup>3</sup>	Raps, Sojabohne, Kartoffel
Verbesserungen für den industriellen Einsatz	Kartoffel, Mais, Tomate, Bäume	Kartoffel, Raps, Tabak <sup>2</sup> , Tomate <sup>2</sup> , Wald- und Bäume <sup>2</sup> allgemein	-
Verbesserung gesundheitsbezogener Komponenten	Tabak, Ackerschmalwand, Kartoffel, Tomate	Tabak <sup>3</sup> , Mais <sup>3</sup>	-
weitere leistungsbezogene Eigenschaften	Ackerschmalwand, Tomate, Weizen, Blumen	Tomate, Blumen	Tomate, Blumen
Markergene	Getreide <sup>1</sup> , Ackerschmalwand, Wald- und Bäume allgemein	Garten-Ringelblume ( <i>Calendula officinalis</i> ) <sup>2</sup> , Wald- und Bäume <sup>2</sup> allgemein, Getreide <sup>1,2</sup>	-

## Anhang B: FFH-Lebensraumtypen und -Arten

Tab. B1: FFH-Lebensraumtypen von potenziell hoher Relevanz für die ÖFS

FFH Code	Biotoptyp
1330	Atlantische Salzwiesen ( <i>Glauco-Puccinellietalia maritimae</i> )
4010	Feuchte Heiden des nordatlantischen Raumes mit <i>Erica tetralix</i>
4020	Feuchte Heiden des gemäßigt atlantischen Raumes mit <i>Erica ciliaris</i> und <i>Erica tetralix</i>
4030	Trockene europäische Heiden
6510	Magere Flachland-Mähwiesen ( <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> )
6520	Berg-Mähwiesen
9110	Hainsimsen-Buchenwald ( <i>Luzulu-Fagetum</i> )
9120	Atlantischer, saurer Buchenwald mit Unterholz aus Stechpalme und gelegentlich Eibe ( <i>Quercion robori-petraeae</i> oder <i>Ilici-Fagenion</i> )
9130	Waldmeister-Buchenwald ( <i>Asperula-Fagetum</i> )
9140	Mitteleuropäischer subalpiner Buchenwald mit Ahorn und <i>Rumex arifolius</i>
9160	Subatlantischer oder mitteleuropäischer Stieleichenwald oder Eichen-Hainbuchenwald ( <i>Carpinion betuli</i> )
9170	Labkraut-Eichen-Hainbuchenwald ( <i>Galio-Carpinetum</i> )
9180	Schlucht- und Hangmischwälder ( <i>Tilio-Acerion</i> )
9190	Alte bodensaure Eichenwälder auf Sandebenen mit <i>Quercus robur</i>
91E0	Auen-Wälder mit <i>Alnus glutinosa</i> und <i>Fraxinus excelsior</i> ( <i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i> )
91F0	Hartholzauenwälder mit <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> , <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> oder <i>Fraxinus angustifolia</i> ( <i>Ulmenion minoris</i> )

**Tab. B2: Brutvögel in Äckern und Brach- und Ödflächen.**

(nach BEZZEL 1982, FLADE 1994, WOLF 2000, verändert, bei BEZZEL (1982) sind nur Bodenbrüter berücksichtigt)

+++ = regelmäßig und zahlreich, ++ = regelmäßig, doch nur kleiner Teil des Gesamtbestandes, + = selten und unregelmäßig, (+) = ± ausnahmsweise, K = Küste. Gefährdung nach Roter Liste Deutschland (BAUER et al. 2002).

Art	EU-Vogel-sch.r.	Gefährdung	Äcker	Brach- und Ödflächen
<b>vom Aussterben bedroht (Kategorie 1)</b>				
Großtrappe ( <i>Otis tarda</i> )	●	1	++	+
Kornweihe ( <i>Circus cyaneus</i> )	●	1	+	+
Sumpfohreule ( <i>Asio flammeus</i> )	●	1		+
Uferschnepfe ( <i>Limosa limosa</i> )		1		
<b>stark gefährdet (Kategorie 2)</b>				
Großer Brachvogel ( <i>Numenius arquatus</i> )		2	+	
Grauammer ( <i>Emberiza calandra</i> )		2	++	
Kiebitz ( <i>Vanellus vanellus</i> )		2	+++	+
Rebhuhn ( <i>Perdix perdix</i> )		2	+++	
Rotschenkel ( <i>Tringa totanus</i> )		2		+
Steinschmätzer ( <i>Oenanthe oenanthe</i> )		2		+++
Wachtelkönig ( <i>Crex crex</i> )	●	2		+
Wiesenweihe ( <i>Circus pygargus</i> )	●	2		
<b>gefährdet (Kategorie 3)</b>				
Braunkehlchen ( <i>Saxicola rubetra</i> )		3		+
<b>Arten der Vorwarnliste (Kategorie V)</b>				
Feldlerche ( <i>Alauda arvensis</i> )		V	+++	
Feldsperling ( <i>Passer montanus</i> )		V	+++	
Schafstelze ( <i>Motacilla flava</i> )		V	+++	+
Turteltaube ( <i>Streptopelia turtur</i> )		V	++	
<b>nicht gefährdet</b>				
Amsel ( <i>Turdus merula</i> )			+++	
Austernfischer ( <i>Haematopus ostralegus</i> )				+++ K
Bachstelze ( <i>Motacilla alba</i> )			+	
Blaukehlchen ( <i>Luscinia svecica</i> )			++	
Blaumeise ( <i>Parus caeruleus</i> )			+++	
Buchfink ( <i>Fringilla coelops</i> )			+	
Dorngrasmücke ( <i>Sylvia communis</i> )			++	
Fasan ( <i>Phasianus colchicus</i> )			+++	
Flußregenpfeifer ( <i>Charadrius dubius</i> )				+++
Girlitz ( <i>Serinus serinus</i> )			+	
Goldammer ( <i>Emberiza citrinella</i> )			++	

Art	EU-Vogel-sch.r.	Gefähr-dung	Äcker	Brach- und Ödflächen
Grünfink ( <i>Carduelis chloris</i> )			+++	
Hänfling ( <i>Acanthis cannabina</i> )			+++	
Heckenbraunelle ( <i>Prunella modularis</i> )			+	
Kohlmeise ( <i>Parus major</i> )			+++	
Neuntöter ( <i>Lanius collurio</i> )	●		+	
Ringeltaube ( <i>Columba palumbus</i> )			++	
Rohrammer ( <i>Emberiza schoeniclus</i> )			+	
Schwarzkehlchen ( <i>Saxicola torquata</i> )			+	+
Star ( <i>Sturnus vulgaris</i> )			+++	
Stieglitz ( <i>Carduelis carduelis</i> )			+++	
Sumpfrohrsänger ( <i>Acrocephalus palustris</i> )			++	
Teichrohrsänger ( <i>Acrocephalus scirpaceus</i> )			+	
Wacholderdrossel ( <i>Turdus pilaris</i> )			+++	
Wachtel ( <i>Coturnix coturnix</i> )				+
<b>Gastvögel</b>				
Blässgans ( <i>Anser albifrons</i> )				
Graugans ( <i>Anser anser</i> )				
Kranich ( <i>Grus grus</i> )	●			
Rohrweihe ( <i>Circus aeruginosus</i> )				
Saatgans ( <i>Anser fabalis</i> )				
Singschwan ( <i>Cygnus cygnus</i> )	●			
Sperber ( <i>Accipiter nisus</i> )				
Waldohreule ( <i>Asio otus</i> )				
Zwergschwan ( <i>Cygnus bewickii</i> )	●			

**Tab. B3: Höhere Pflanzen und Tagfalter des Natura-2000 Systems und ihr Auftreten in Biotop-typen (nach Fartmann et al. 2001)**

**Höhere Pflanzen (Auswahl)**

Lateinischer Name	Deutscher Name	Biotoptypen, Nutzung	Auftreten in Äckern
<i>Apium palustris</i>	Sumpf-Engelwurz	Calthion, überschwemmt, einschürig	
<i>Apium repens</i>	Kriechender Scheiberich	Quellen, Gräben etc.	
<i>Botrychium simplex</i>	Einfacher Rautenfarn	saure Magerrasen, Calluna-Heiden	
<b><i>Bromus grossus</i></b>	<b>Dicke Trespe</b>	<b>Getreidekulturen</b>	●
<i>Aldovandra vesiculosa</i>	Wasserfalle	Gewässer	
<i>Caldesia parnassifolia</i>	Herzlöffel	"	
<i>Najas flexilis</i>	Biegsames Nixkraut	"	
<i>Coleanthus subtilis</i>	Scheidenblütgras	trockengefallene Fluss- und Teichufer	

<i>Marsilea quadrifolia</i>	Kleefarn	Ufer etc.	
<i>Cypripedium calceolus</i>	Frauenschuh	kalkreiche Wälder	
<i>Jurinea cyanoides</i>	Sand-Silberscharte	Sandböden, kontinental	
<i>Liparis loeselii</i>	Sumpf-Glanzstendel	kalkhaltige Moore	
<i>Luronium natans</i>	Schwimmendes Froschkraut	Ufersäume	
<i>Myosotis rehsteineri</i>	Bodensee-Vergißmeinnicht	an voralpinen Seen	
<i>Oenanthe conioides</i>	Schierlings-Wasserfenchel	Süßwassertidebereich der Elbe	
<i>Pulsatilla patens</i>	Finger-Küchenschelle	Trocken- und Halbtrockenrasen oder zwergrauschreichen Wäldern mit offenem Kronendach	
<i>Saxifraga hirculus</i>	Moor-Steinbrech	Torfschlammböden	
<i>Stipa pulcherrima subsp. bavaricus</i>	Bayerisches Federgras	weltweit ein Vorkommen bei Neuburg an der Donau	
<i>Thesium ebracteatum</i>	Vorblattloses Leinkraut	saure, sandige Rasen und Heiden, Kiefernwälder	
<i>Trichomanes speciosum</i>	Prächtiger Dünnfarn	Felsen	

#### Tagfalter

Lateinischer Name	Deutscher Name	Biotoptypen, Nutzung	Auftreten in Äckern
<i>Eriogaster catax</i>	Hecken-Wollfalter	extrem lichte Wälder, Magerrasen, Heckenfluren an warmen Standorten	ÖFS: über Raupengespinste gut zu erfassen (p. 359); Indikator für Verbuschung und Beschattung
<i>Euphydryas aurinia</i>	Skabiosen-Schneckenfalter	verschiedene Biotope; Raupen u.a. an <i>Succisa pratensis</i>	ÖFS: Indikator für Düngung, Brachfallen
<i>Euphydryas maturna</i>	Eschen-Schneckenfalter	lichte Wälder an feuchtwarmen Standorten	ÖFS: Indikator für Verbuschung und Beschattung
<i>Euplagia quadripunctaria</i>	Spanische Flagge	viele Biotope, mit Felsen	ÖFS: Wälder Brachen etc.
<i>Lycaena dispar</i>	Großer Feuerfalter	nasses Offenland, Gebüsch- und Wegränder u.a.	ÖFS: Randbereiche, Störstellen
<i>Glaucopsyche nausithous</i>	Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling	Feuchtgebiete	ÖFS: Flächen mit Vorkommen von <i>Sanguisorba officinalis</i>
<i>Glaucopsyche teleius</i>	Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling	Feuchtgebiete	ÖFS: Flächen mit Vorkommen von <i>Sanguisorba officinalis</i>