



**Ökologische und  
ökosystemanalytische  
Ansätze für das Monitoring  
von gentechnisch  
veränderten Organismen**

**Fachtagung am 21. und 22. November 2001 in  
Göttingen des Arbeitskreises Gentechnik und  
Ökologie der Gesellschaft für Ökologie**

von

**PD Dr. Markus Raubuch  
Dr. Barbara Schieferstein**

unter Mitarbeit von

**Dr. Astrid Thorwest  
Dr. Harald Schlüter**

Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung  
Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften der  
Universität Kassel in Witzenhausen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei  
**Vorauszahlung von 7,50 Euro**  
durch Post- bzw. Banküberweisung,  
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

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

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

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

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

Redaktion: Fachgebiet IV 2.5  
Dr. Claudia Golz, Anne Mieke, Dr. Mathias Otto

Berlin, August 2002

<b><u>INHALTSVERZEICHNIS</u></b> .....	<b>SEITE</b>
<b>1. ZUSAMMENFASSUNG (DR. RAUBUCH)</b> .....	<b>1</b>
<b>2. GRUSSWORT DES ARBEITSKREISES „GENTECHNIK UND ÖKOLOGIE“ DER GESELLSCHAFT FÜR ÖKOLOGIE (GFÖ) (DR. SCHIEFERSTEIN)</b> .....	<b>2</b>
<b>3. GRUSSWORT VOM BUNDESUMWELTMINISTER ZUR ERÖFFNUNG DER FACHTAGUNG „MONITORING VON GVO“ DER GESELLSCHAFT FÜR ÖKOLOGIE (DR. WITTING)</b> .....	<b>4</b>
<b>4. FREISETZUNGSRICHTLINIE 2001/18/EG – NEUE ASPEKTE FÜR DIE SICHERHEITSFORSCHUNG VON GVO? (DR. BENDIEK)</b> .....	<b>8</b>
<b>4.1. EINLEITUNG</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2. ALLGEMEINE VERPFLICHTUNGEN</b> .....	<b>9</b>
4.2.1. <i>Vorsorgeprinzip</i> .....	9
4.2.2. <i>Umweltverträglichkeitsprüfung</i> .....	9
4.2.3. <i>Antibiotikum-Resistenzgene</i> .....	9
4.2.4. <i>Rückverfolgbarkeit von GVO</i> .....	10
<b>4.3. FREISETZUNG GENTECHNISCH VERÄNDERTER ORGANISMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>4.4. INVERKEHRBRINGEN GENTECHNISCH VERÄNDERTER ORGANISMEN</b> .....	<b>10</b>
4.4.1. <i>Befristete Zustimmung</i> .....	10
4.4.2. <i>Beteiligung der Öffentlichkeit</i> .....	10
4.4.3. <i>Anhörung wissenschaftlicher Ausschüsse, Ethikausschuss</i> .....	11
4.4.4. <i>Genregister, Standortregister</i> .....	11
<b>4.5. ÜBERWACHUNGSPLAN</b> .....	<b>11</b>
<b>4.6. ÜBERGANGSFRISTEN</b> .....	<b>13</b>
<b>4.7. NEUE ASPEKTE FÜR DIE SICHERHEITSFORSCHUNG?</b> .....	<b>14</b>
<b>4.8. LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>15</b>
<b>5. DIE BEDEUTUNG VON SCHUTZ UND QUALITÄTSZIELEN (DR. FISAHN)</b> .....	<b>17</b>
<b>5.1. EINLEITUNG</b> .....	<b>17</b>
<b>5.2. RISIKOREGULIERUNG ODER REGULIERUNG DER EINGRIFFSGESCHWINDIGKEIT</b> .....	<b>17</b>
<b>5.3. ZIELE IN DER RECHTSARBEIT</b> .....	<b>19</b>
5.3.1. <i>Der Rechtsarbeiter und das Konditionalprogramm</i> .....	19
5.3.2. <i>Eine kleine rechtssoziologische Studie</i> .....	20
<b>5.4. ZIELE UND UNBESTIMMTE RECHTSBEGRIFFE</b> .....	<b>21</b>
5.4.1. <i>Der Spielraum im Konditionalprogramm</i> .....	21
5.4.2. <i>Ziele als Programmierung der Auslegung</i> .....	22
<b>5.5. RECHTSEVOLUTION – VON KONDITIONAL- ZU FINALPROGRAMMEN?</b> .....	<b>23</b>
5.5.1. <i>Prozedurales Recht – Glaube an die Zivilgesellschaft</i> .....	24
5.5.2. <i>Regulierte Selbstregulierung – neoliberale Deregulierer</i> .....	25
5.5.3. <i>Ökologischer Verfassungsstaat – traditionale Etatisten</i> .....	26
5.5.4. <i>Lösungslotterie</i> .....	27
<b>5.6. LITERATURHINWEISE</b> .....	<b>27</b>

<b>6. REFLEKTION BESTEHENDER FORSCHUNGSANSÄTZE IM RAHMEN LANDWIRTSCHAFTLICHER PROBLEMBEREICHE, DER SICHERHEITS- FORSCHUNG UND DES MONITORING VON GVO (DR. TAPPESER)</b> .....	<b>29</b>
6.1. EINLEITUNG.....	29
6.2. FORSCHUNGSAUFWAND FÜR SICHERHEITSFORSCHUNG.....	30
6.3. DAS SICHERHEITSFORSCHUNGSPROGRAMM DES BMBF.....	31
6.4. DIE SICHERHEITSFORSCHUNG DER EU .....	33
6.5. ASPEKTE UND ANFORDERUNGEN AN ZUKÜNFTIGE SICHERHEITSFORSCHUNG UND DAS MONITORING .....	33
6.6. BASELINE – WAS IST DER ANGEMESSENE VERGLEICH?.....	34
6.7. LITERATUR .....	35
<b>7. SICHERHEITSFORSCHUNG UND ANBAUBEGLEITENDES MONITORING – AM BEISPIEL RAPS (DR. DIETZ-PFEILSTETTER)</b> .....	<b>38</b>
7.1. EINFÜHRUNG .....	38
7.2. HERBIZIDRESISTENTER DURCHWUCHS-/AUSFALLRAPS.....	40
7.3. AUSBREITUNG UND ÜBERDAUERUNG VON RAPS .....	40
7.4. AUSKREUZUNG .....	41
7.5. AUSKREUZUNG IN VERWANDTE WILDPFLANZEN.....	41
7.6. WECHSELWIRKUNGEN MIT BLÜTENBESUCHENDEN INSEKTEN.....	42
7.7. MONITORING .....	42
7.8. LITERATURVERZEICHNIS.....	43
<b>8. WIE VERÄNDERT SICH LANGFRISTIG DIE FLORISTISCHE VIELFALT IN EINER GLUFOSINAT DOMINIERTEN FRUCHTFOLGE? (DR. HOMMEL, DR. PALLUTT)</b> .....	<b>44</b>
8.1. EINLEITUNG.....	44
8.2. MATERIAL UND METHODEN .....	46
8.3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION .....	48
8.4. FAZIT .....	53
8.5. DANK.....	53
8.6. LITERATUR .....	53
<b>9. REFLEKTION DER BESTEHENDEN SICHERHEITSFORSCHUNG UND DES MONITORINGS AM BEISPIEL BT-MAIS (PROF. DR. SCHUPHAN, DR. GATH- MANN, R. MAUSE, T. MÜCKER, DR. ROß-NICKOLL, C. SAEGLITZ, A. TOSCHKI, DR. BARTSCH)</b> .....	<b>55</b>
9.1. EINFÜHRUNG .....	55
9.2. UNTERSUCHUNGSGEBIETE .....	56
9.3. ERSTE ERGEBNISSE UND REFLEKTIONEN .....	58
9.4. ZUSAMMENFASSUNG .....	61
9.5. LITERATUR .....	61
<b>10. ARTHROPODENGESSELLSCHAFTEN IN MAISBESTÄNDEN UND IHRE TROPHISCHEN INTERAKTIONEN (DR. FREIER)</b> .....	<b>63</b>
10.1. EINLEITUNG.....	63
10.2. HERBIVORE ARTHROPODEN .....	64

10.2.1.	<i>Fresser an Blättern und Stängeln</i> .....	64
10.2.2.	<i>Fresser an Wurzeln und Sprossen</i> .....	65
10.2.3.	<i>Pollenkonsumenten</i> .....	65
10.2.4.	<i>Pflanzensaftsauger</i> .....	65
<b>10.3.</b>	<b>KARNIVORE ARTHROPODEN</b> .....	<b>66</b>
10.3.1.	<i>Episiten, die Blattläuse bevorzugen</i> .....	66
10.3.2.	<i>Epigäische Raubarthropoden</i> .....	66
10.3.3.	<i>Andere Raubarthropoden</i> .....	67
10.3.4.	<i>Parasitische Arthropoden</i> .....	67
<b>10.4.</b>	<b>POLYPHAGE HERBIVORE/KARNIVORE ARTHROPODEN</b> .....	<b>67</b>
<b>10.5.</b>	<b>VERWERTER ORGANISCHER ABBAUPRODUKTE UND PILZFRESSER AUF DER PFLANZE UND IM BODEN</b> .....	<b>68</b>
<b>10.6.</b>	<b>ARTHROPODEN, DIE MIT DER SEGETALFLORA ASSOZIIERT SIND</b> .....	<b>68</b>
<b>10.7.</b>	<b>ZUFALLSBESUCHER</b> .....	<b>68</b>
<b>10.8.</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>69</b>
<b>11.</b>	<b>WORKSHOP I: INTERAKTION TRANSGENE PFLANZE / PFLANZE</b> .....	<b>70</b>
11.1.	<b>EINFÜHRUNG</b> .....	<b>70</b>
11.2.	<b>RÄUMLICH-ZEITLICHE UMSETZUNG DER VORGABEN DER FREISETZUNGS-RICHTLINIE</b> .....	<b>70</b>
11.3.	<b>FORSCHUNGSAKTIVITÄTEN ZUM LANGZEITMONITORING VON GVO</b> .....	<b>71</b>
11.3.1.	<i>Forschungsstruktur: Forschungscoordination, Datentransparenz</i> .....	71
11.3.2.	<i>Bewertung von Daten und Untersuchungsergebnissen</i> .....	71
11.3.3.	<i>Forschungsbedarf</i> .....	72
11.4.	<b>METHODISCHE RAHMENBEDINGUNGEN FÜR EIN LANGZEITMONITORING</b> .....	<b>73</b>
11.4.1.	<i>Baseline</i> .....	73
11.4.2.	<i>Indikatoren</i> .....	74
11.4.3.	<i>Referenzflächen</i> .....	74
<b>12.</b>	<b>WORKSHOP II: INTERAKTION TRANSGENE PFLANZE / TIER</b> .....	<b>77</b>
12.1.	<b>EINFÜHRUNG</b> .....	<b>77</b>
12.2.	<b>ZIELE UND AUSGANGSSITUATION</b> .....	<b>77</b>
12.3.	<b>ERFASSUNGSPARAMETER</b> .....	<b>78</b>
12.4.	<b>SKALIERUNG</b> .....	<b>79</b>
<b>13.</b>	<b>WORKSHOP III: INTERAKTION TRANSGENE PFLANZE / BODEN, WASSER, ATMOSPHERE</b> .....	<b>80</b>
13.1.	<b>EINFÜHRUNG</b> .....	<b>80</b>
13.2.	<b>ZIELSETZUNG</b> .....	<b>81</b>
13.3.	<b>SCHUTZZIELE</b> .....	<b>81</b>
13.4.	<b>PARAMETER</b> .....	<b>82</b>
13.5.	<b>FLÄCHEN</b> .....	<b>82</b>
<b>14.</b>	<b>QUALITÄTSZIELE UND HANDLUNGSKRITERIEN (DR. MEYER)</b> .....	<b>84</b>
14.1.	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>84</b>
14.2.	<b>RELEVANZ DES CARTAGENA-PROTOKOLLS IM BEREICH „MONITORING VON GVO“ UND „QUALITÄTSZIELE UND HANDLUNGSKRITERIEN“</b> .....	<b>85</b>
14.2.1.	<i>Risikoanalysen und GVO</i> .....	85

14.2.2.	<i>Umweltverträglichkeitsprüfungen und GVO</i> .....	86
<b>14.3.</b>	<b>NEUE QUALITÄTSZIELE UND HANDLUNGSKRITERIEN – MÖGLICHKEITEN UNTER DEM CARTAGENA-PROTOKOLL</b> .....	<b>87</b>
14.3.1.	<i>Antibiotikaresistenzgene</i> .....	87
14.3.2.	<i>Biologische Ursprungs- und Vielfaltszentren</i> .....	87
14.3.2.1.	<i>Der Fall Mexiko</i> .....	88
14.3.3.	<i>Sozioökonomische Untersuchungen</i> .....	88
<b>14.4.</b>	<b>AKTUELLE POLITIK VON ENTWICKLUNGSLÄNDERN BEZÜGLICH DER EINFÜHRUNG VON GVO</b> .....	<b>89</b>
14.4.1.	<i>Thailand – Marktchancen steigern</i> .....	90
14.4.2.	<i>Bolivien – Marktchancen steigern/biologische Vielfalt sichern</i> .....	91
14.4.3.	<i>Algerien – biologische Vielfalt sichern/biologischen Landbau fördern</i> .....	91
14.4.4.	<i>Kroatien – Marktchancen steigern/biologischen Landbau fördern, Tourismuswerbung</i> .....	91
<b>14.5.</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b> .....	<b>91</b>
<b>14.6.</b>	<b>LITERATUR UND WEITERE QUELLEN</b> .....	<b>92</b>
<b>15.</b>	<b>UMWELTQUALITÄTSZIELE UNTER DEM ASPEKT DES VORSORGEPRINZIPS (DR. HUND-RINKE, DR. HERRCHEN)</b> .....	<b>95</b>
<b>15.1.</b>	<b>EINFÜHRUNG</b> .....	<b>95</b>
<b>15.2.</b>	<b>BEISPIELE FÜR DIE ABLEITUNG VON QUALITÄTSSTANDARDS UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES VORSORGEPRINZIPS</b> .....	<b>96</b>
15.2.1.	<i>Aquatischer Bereich: Stoffbeurteilung</i> .....	96
15.2.1.1.	<i>OSPAR-Strategie</i> .....	96
15.2.1.2.	<i>Ableitung von Qualitätsstandards für Oberflächengewässer</i> .....	97
15.2.1.2.1.	<i>Anwendung von Extrapolationsfaktoren (Faktorenmodell FAME)</i> .....	97
15.2.1.2.2.	<i>Anwendung der Empfindlichkeitsverteilungsfunktion</i> .....	98
15.2.1.2.3.	<i>Anwendung von Gleichungen zur Stoffverteilung</i> .....	99
15.2.2.	<i>Terrestrischer Bereich</i> .....	99
15.2.2.1.	<i>Bundesbodenschutzverordnung – Ableitung von Vorsorgewerten</i> .....	99
15.2.2.2.	<i>BSE / TSE</i> .....	100
15.2.2.3.	<i>Gentechnisch veränderte Organismen</i> .....	103
<b>15.3.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>104</b>
<b>15.4.</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>104</b>
<b>16.</b>	<b>QUALITÄTSZIELE UND HANDLUNGSOPTIONEN AM BEISPIEL ÖKOLOGISCHER LANDWIRTSCHAFT (DR. SCHÜLER)</b> .....	<b>105</b>
<b>16.1.</b>	<b>EINFÜHRUNG</b> .....	<b>105</b>
<b>16.2.</b>	<b>BEDEUTUNG DES ÖKOLOGISCHEN LANDBAUS IN DER FLÄCHE</b> .....	<b>106</b>
<b>16.3.</b>	<b>SAATGUTPRODUKTION</b> .....	<b>107</b>
<b>16.4.</b>	<b>SAATGUTVERMEHRUNG UND NACHBAU</b> .....	<b>108</b>
<b>16.5.</b>	<b>WEITERE OFFENE FRAGEN</b> .....	<b>110</b>
<b>16.6.</b>	<b>GRENZWERTE</b> .....	<b>111</b>
<b>16.7.</b>	<b>BIOLOGISCHER PFLANZENSCHUTZ</b> .....	<b>111</b>
<b>16.8.</b>	<b>FUTTERMITTEL</b> .....	<b>111</b>
<b>16.9.</b>	<b>VERUNREINIGUNGEN IM NACHGELAGERTEN BEREICH</b> .....	<b>111</b>
<b>16.10.</b>	<b>LITERATURHINWEISE</b> .....	<b>112</b>

<b>17. HANDLUNGSKRITERIEN BEIM MONITORING VON GENTECHNISCH VERÄNDERTEN PFLANZEN (B. VOGEL) .....</b>	<b>114</b>
17.1. ZWEISCHNEIDIGE LOGIK .....	114
17.2. MON810-MAIS MIT DREI EBENEN .....	115
17.3. WAS IST EIN SCHADEN?.....	116
17.4. TOP-DOWN VERSUS BOTTOM-UP.....	118
17.5. TOP-DOWN SCHLÄGT BRÜCKE .....	118
17.6. TOP-DOWN IN DER SCHWEIZ.....	119
17.7. HANDLUNGSKRITERIEN MIT PARTIZIPATION.....	120
17.8. LITERATUR .....	120
<b>18. LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) ALS INSTRUMENT DER RISIKO-ABSCHÄTZUNG (DR. GAUGITSCH).....</b>	<b>122</b>
18.1. ZUSAMMENFASSUNG .....	122
18.2. EINLEITUNG.....	123
18.3. STUDIE ZU „LIFE-CYCLE-ASSESSMENT“ GENTECHNISCH VERÄNDERTER PFLANZEN .....	124
18.4. STUDIE ZU „METHODISCHE WEITERENTWICKLUNG DER WIRKUNGSABSCHÄTZUNG IN ÖKOBILANZEN (LCA) GENTECHNISCH VERÄNDERTER PFLANZEN“ .....	126
18.5. DISKUSSION UND WEITERE VORGANGSWEISE.....	128
18.6. LITERATUR .....	129
<b>19. LISTE DER TEILNEHMERINNEN UND TEILNEHMER.....</b>	<b>131</b>

<b><u>Abbildungsverzeichnis</u></b> .....	<b>Seite</b>
Abbildung 8.1.: Freisetzungsversuch mit herbizidresistentem Mais und Raps im ersten Jahr der zweiten Fruchtfolgerotation im Mai 2001 .....	47
Abbildung 8.2.: Abundanz der Unkrautarten auf den drei Teilflächen der Felder 1, 2, 3 und 4 nach Ende der ersten Fruchtfolgerotation .....	50
Abbildung 9.1.: Definitionen und Fragestellung: Sicherheitsforschung, Monitoring, Bt-Mais-Forschung .....	55
Abbildung 9.2.: Maiszünslerbefall in Deutschland: Flächen je Bundesland und Standorte des Bt-Mais-Monitoring .....	56
Abbildung 9.3.: In den Bt-Verbänden adressierte Organismen.....	58
Abbildung 9.4.: Modell der Risikobewertung: Effekt von Bt-Maispollen auf Monarchfalter.....	59
Abbildung 9.5.: Versuchsfeld im Oderbruch mit Maiszünslerbefall.....	59
Abbildung 9.6.: Ansätze und Ziele des Bt-Mais Monitorings.....	60
Abbildung 9.7.: Fragestellungen für den Erhalt des Bt-Toxin-Wirkprinzips.....	61
Abbildung 10.1.: Einteilung der Arthropodengesellschaft in Maisbeständen nach trophischen Merkmalen .....	64
Abbildung 14.1.: Unterschiedliche Positionen von Entwicklungsländern bezüglich des Einsatzes von GVO in Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion.....	90
Abbildung 15.1.: Darstellung des Verteilungsmodens DIBAEX zur Berechnung der Gefahrenkonzentration „Kp“ für den Schutz eines gewählten Anteils der vorkommenden Arten im Ökosystem. ....	98
Abbildung 16.1.: Anzahl und Fläche ökologisch bewirtschafteter Betriebe nach Bundesländer (2000).....	107
Abbildung 17.1.: Zielhierarchie .....	117
Abbildung 17.2.: Brücke zwischen Sachebene (Sein) und Wertebene (Sollen). ....	119

<b><u>Tabellenverzeichnis</u></b> .....	<b>Seite</b>
Tabelle 4.1.: Wichtige Fristen in Richtlinie 2001/18/EG .....	14
Tabelle 6.1.: Aufwendungen für Biotechnologie in Deutschland, der EU und den USA .....	30
Tabelle 8.1.: Anteile der Produktgruppen für Pflanzenschutzmittel bei den wichtigsten Kulturen in Deutschland im Jahr 2000.....	45
Tabelle 8.2.: Erwartete Vor- und Nachteile der Herbizidresistenztechnik .....	46
Tabelle 8.3.: Intensität der Anwendung von Glufosinat (LIBERTY) auf den zwölf Teilflächen des Versuches .....	48
Tabelle 15.1.: Extrapolationsfaktoren nach EU .....	97
Tabelle 16.1.: Regelungen zu gentechnisch veränderten Organismen und ökologischem Landbau.....	106
Tabelle 16.2.: Anteil an ökologisch erzeugtem Saatgut in Deutschland .....	107
Tabelle 16.3.: Empfehlungen für Isolierungsabstände in GB, um Einkreuzungen maximal auf dem spezifizierten Niveau zu halten .....	109
Tabelle 16.4.: Beispiele mit GVO-verunreinigtem Saatgut.....	109
Tabelle 16.5.: Offene Fragen der GVO-Risikoabschätzung für den Ökolandbau .....	110
Tabelle 16.6.: Kritische Stellen für GVO-Verunreinigungen im Warenfluss .....	112
Tabelle 17.1.: Auswahl möglicher Schadensindikatoren.....	117
Tabelle 18.1.: Bestimmung des Charakterisierungsfaktors für BT-176-Mais in Mitteleuropa .....	127
Tabelle 18.2.: Berechnung des Wirkungsindikatorergebnisses für ausgewählte Körnermaisszenarien.....	128

# 1. Zusammenfassung

*PD Dr. Markus Raubuch,  
FB 11, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Nordbahnhofstr. 1a,  
37213 Witzenhausen, Tel.: ++49 5542 981671, E-Mail: [raubuch@wiz.uni-kassel.de](mailto:raubuch@wiz.uni-kassel.de)*

Die Tagungen des GfÖ-Arbeitskreises „Gentechnik und Ökologie“ bieten seit Jahren den wissenschaftlichen Akteuren der Risikoforschung und interessierten Kompetenzträgern ein Forum zur Diskussion um die möglichen Gefahren von transgenen Organismen für die Umwelt. Am 21. und 22. November 2001 richtete der Arbeitskreis „Gentechnik und Ökologie“ der Gesellschaft für Ökologie (GfÖ) mit Unterstützung des Umweltbundesamtes (Berlin) und des Bundesumweltministeriums die Fachtagung „Ökologische und ökosystemanalytische Ansätze für das Monitoring von GVO“ aus. Die Konzeption der Tagung sah vor, sich auf die Freisetzung transgener Pflanzen zu beschränken und sollte helfen, Ansätze für ein Monitoring ihrer möglichen Umweltwirkung zu entwickeln. Dazu waren zwei Themenblöcke vorgesehen, die die Erfassung der Umweltwirkung transgener Pflanzen, ausgehend von den Organismen („ökologische Ansätze“) bzw. ausgehend von den generellen Anforderungen des Natur- und Umweltschutzes („ökosystemanalytische Ansätze“), erörtern sollten.

Der erste Themenblock wurde mit einer Einführung zu den rechtlichen Grundlagen des Monitorings und einem Überblick über die derzeitige Förderungspraxis der Risikoforschung eingeleitet. Die nun folgenden Referenten beschäftigten sich mit den Ergebnissen und Methoden laufender bzw. abgeschlossener Vorhaben im Bereich der Risikoforschung des Bundes und der Länder (Projekte gefördert durch BMU, BBA, BMBF oder ländereigene Förderung). Dabei fokussierten die Vortragenden auf die spezifische Folgewirkung ausgewählter transgener Nutzpflanzen. Der erste Themenblock schloss mit drei Workshops ab, die auf der Basis des aktuellen Standes der Forschung möglichst konkrete Anregungen zur Einrichtung eines Monitoring ableiten sollten. Die Workshops beschäftigten sich mit den Themenbereichen „Interaktion transgene Pflanze/Pflanze“, „Interaktion transgene Pflanze/Tier“ und „Interaktion transgene Pflanze/Boden, Wasser, Atmosphäre“.

Im zweiten Themenblock standen Schutz- und Qualitätsziele des Natur- und Umweltschutzes im Vordergrund, aus denen Programme und Strategien eines nicht objektbezogenen, unspezifischen Monitorings abgeleitet werden können. Der Themenblock wurde durch den Vergleich internationaler Standards eingeleitet. Er behandelte Analogien aus dem Bereich ökotoxikologischer Risikobewertung und befasste sich mit Qualitätszielen der ökologischen Landwirtschaft. Die Herleitung von an Schutzzielen und Qualitätszielen orientierten Handlungskriterien und eines umfassenden „Life-CycleAssessment“ schlossen diese Sektion ab. Die Beiträge gaben damit Anregungen für ein Monitoring, das über die Betrachtung der Umweltwirkung bereits in die Umwelt freigesetzter oder in Verkehr gebrachter transgener Pflanzen hinausging.

## 2. **Grußwort des Arbeitskreises „Gentechnik und Ökologie“ der Gesellschaft für Ökologie (GfÖ)**

*Dr. Barbara Schieferstein,  
Bussestraße 16c, D-27570 Bremerhaven, Tel: ++49 471 417798,  
E-Mail: [bschieferstein@ttz-bremerhaven.de](mailto:bschieferstein@ttz-bremerhaven.de)*

Der Arbeitskreis begrüßt Sie alle sehr herzlich im Namen der Gesellschaft für Ökologie und heißt Sie in Göttingen willkommen. Besonders herzlich möchten wir Sie, Herr Dr. Witting, als Vertreter des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit heute bei uns begrüßen und bitte Sie, unseren Dank an Herrn Trittin weiterzuleiten, der die Schirmherrschaft für die Fachtagung übernommen hat.

Wir freuen uns sehr über den hohen Zuspruch zu dieser Tagung und damit zu dem Angebot unseres Arbeitskreises, sich thematisch mit den ökologischen Wirkungen von gentechnisch veränderten Organismen und mit Qualitätszielen in diesem Kontext auseinander setzen zu wollen. Der Arbeitskreis wurde vor etwa zehn Jahren mit dem Ziel gegründet, innerhalb der Gesellschaft für Ökologie über z. B. Veranstaltungen Fragen der Umweltwirkungen durch den Einsatz von GVO und deren Bewertung diskutieren zu können. Besondere Aufmerksamkeit galt und gilt dabei möglichen, nicht sofort offensichtlichen und unerwünschten Nebeneffekten von GVO in Ökosystemen. Der Arbeitskreis hat somit eine lange Tradition Tagungen zu organisieren, die als Forum genutzt wurden, um Interessierte aus der Wissenschaft, Verwaltung und Politik zusammenzubringen und gemeinsam über den Stand wissenschaftlicher Ergebnisse und ihrer Bewertung zu kommunizieren.

Der Arbeitskreis hat sich in der Vergangenheit seit seiner Gründung regelmäßig in Göttingen getroffen, wo bereits einige hier im Raum Anwesende Gelegenheit hatten, ihre Forschungsergebnisse den ökologisch Sachverständigen vorzustellen und mit ihnen zu diskutieren. Bereits im Jahr 1995 hat der Arbeitskreis zusammen mit dem Umweltbundesamt eine Tagung zu Sicherheitsforschung und Monitoring von GVP ausgerichtet. Diese Tagung war Bestandteil einer Entwicklung, in der sich einzelne ÖkologInnen der Problematik der Langzeitwirkungen in Raum und Zeit durch den Einsatz von GVO bewusst wurden und einige ihrer Forschungsansätze in diesem Themenfeld ansiedelten.

Die Gesellschaft für Ökologie hat im Jahr 1999 in einer Resolution festgestellt und kritisiert, dass die derzeitige Forschung bestehende Wissenslücken nicht decken kann und die Komplexität der Systemwirkungen, mit denen sich ÖkologInnen klassischerweise beschäftigen, stärker berücksichtigt werden sollten. Besonders ökosystemanalytische Ansätze müssen vermehrt im Rahmen der Sicherheits- bzw. Risikoforschung und beim Monitoring berücksichtigt werden.

Ein Ziel der jetzt zweitägigen Fachtagung soll es sein, zu analysieren, ob und wie die seitdem initiierten Aktivitäten des Bundes, der Länder sowie verschiedener Forschungseinrichtungen dem soeben formulierten Bedarf gerecht werden und wie die zunehmende Diskussion um Qualitätskriterien in verschiedenen Anbausystemen hier integriert werden kann.

Inhaltlich können wir in den zwei Tagen das Thema nicht allumfassend bearbeiten.

Wir hoffen jedoch, mit den Vorträgen und Workshops genügend Anreize für die weitere Diskussion zu bieten. In diesem Kontext möchte ich besonders dem BMU noch einmal dafür danken, dass unser Wunsch, ein derartiges Forum wie diese zweitägige Fachtagung ins Leben zu rufen, auf offene Ohren gestoßen ist und Sie uns finanziell unterstützt haben.

Ich wünsche uns allen nunmehr eine engagierte und konstruktive Tagung und übergebe das Wort an Herrn Dr. Witting.

### 3. **Grußwort vom Bundesumweltminister zur Eröffnung der Fachtagung „Monitoring von GVO“ der Gesellschaft für Ökologie**

*Dr. Paul Witting,  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)  
Ref. N II 4, Biotechnologie, Postfach 12 06 29, 53048 Bonn, Tel.: 0228/ 305-2760,  
E-Mail: Witting.Paul@bmu.de*

Sehr geehrte Damen und Herren,

zunächst einmal möchte ich Ihnen herzliche Grüße von Herrn Bundesumweltminister Jürgen Trittin übermitteln, der sehr gerne zur Eröffnung der Veranstaltung zu uns nach Göttingen gekommen wäre. Leider ist das aus Termingründen nicht möglich gewesen.

Herr Trittin hat mich aber gebeten, Ihnen in seinem Namen einige einleitende Worte mit auf den Weg zu geben.

Meine Damen und Herren,

seit Jahren wird nicht nur in Deutschland, sondern auch in den anderen EU-Mitgliedsstaaten **die gesellschaftliche Debatte** über die Anwendung der Gentechnik in den Bereichen Landwirtschaft und Ernährung sowie in der Medizin äußerst **kontrovers geführt**.

Während im Bereich der Medizin die Gentechnik heute vielfach schon Praxis ist und sie vor dem Hintergrund erhoffter Linderung von Leiden und Bekämpfung von Krankheiten selbst in einer eher Gentechnik kritisch eingestellten Öffentlichkeit akzeptiert wird, so stößt die „grüne“ Gentechnik auf eine massive Ablehnung bei weiten Teilen der Bevölkerung.

Diese Ablehnung geht so weit, dass es seit Jahren de facto ein Moratorium für die Zulassung gentechnisch veränderter Organismen in Europa gibt.

Die Ursache für diese gegensätzliche Bewertung ein- und derselben Technologie liegt in dem gestiegenen Risikobewusstsein von Bürgern und Gesellschaft, nicht nur hier in Deutschland, sondern auch in unseren Nachbarländern in Europa, z.B. in Frankreich und Großbritannien.

Dies schlägt sich auch in dem de facto Moratorium für die Zulassung von GVO in Europa nieder.

Ich spreche absichtlich von **Risikobewusstsein**, weil es – wie oft zu hören ist – gerade **nicht** dumpfe Ängste, diffuse Vorurteile und eine latente Technikfeindlichkeit waren,

die Gen-Food zunächst aus britischen, dann aber aus fast allen europäischen Supermärkten verdrängt haben.

Es waren konkrete und ebenso rationale Erfahrungen mit den Lebensmittelskandalen der vergangenen Jahre:

ich erinnere nur an Hormone in der Kälbermast, Dioxin in Ei und Hühnerfleisch und schließlich an den Rinderwahnsinn samt seiner Übertragung auf den Menschen in Gestalt des Creutzfeld-Jakob-Syndroms.

Während also die ‚rote‘ Gentechnologie Heilung verspricht, droht die Anwendung der grünen Gentechnik in der Landwirtschaft für viele Verbraucher und ihre Umwelt neue Risiken zu bringen – ohne dass diese davon einen nachvollziehbaren und erlebbaren Vorteil hätten.

Stattdessen ist nahezu unumstritten, dass **mit dem breiten Anbau** transgener Pflanzen **ein noch nicht genau kalkulierbares ökologisches Risiko** verbunden ist.

Ein wichtiges Anliegen der Bundesregierung ist die Realisierung einer **vorsorgenden Umweltpolitik**.

Unter deutscher EU-Präsidentschaft hat man sich daher 1999 EU-weit geeinigt, das Sicherheitsniveau bei Freisetzung und Vermarktung von gentechnisch veränderten Organismen deutlich anzuheben.

So sieht die im März 2001 verabschiedete neue **EU-Freisetzung-Richtlinie** eine deutliche **Verschärfung der Rechtsgrundlage** vor:

**u.a.** muss in Zukunft jeder Antragsteller einen Überwachungsplan für die zu vermarktende gentechnisch veränderte Pflanze vorlegen.

Daneben muss der Anbau dieser Pflanzen in einem **Langzeit-Monitoring** wissenschaftlich begleitet werden.

Bevor ich später noch einige Worte zum Monitoring sagen werde, lassen Sie mich noch weitere wichtige "Sicherheits"-Elemente der Freisetzung-Richtlinie erwähnen:

- die Inverkehrbringens-Genehmigung ist auf maximal zehn Jahre befristet,
- es besteht jetzt die Möglichkeit zur Einschränkung der Verwendung von Antibiotikaresistenzgenen, **und**
- eine Beteiligung der Öffentlichkeit ist bei allen Verfahren zu Freisetzungen und Zulassungen rechtlich verbindlich vorgesehen.

Anlässlich der Verabschiedung der Richtlinie hat Deutschland, neben anderen EU-Mitgliedsstaaten, erklärt, dass zum Schutz der Verbraucher und der Umwelt auch die Bereiche **Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit von GVO** sowie die **Zulassung von neuartigen Lebens- und Futtermitteln** neu geregelt werden müssen.

Auch hier sind wir durch mehrmaliges Anmahnen seitens der Bundesregierung inzwischen ein gutes Stück weiter gekommen:

Im Juli 2001 hat die Kommission endlich zwei Verordnungsvorschläge dazu vorgelegt.

Wie die Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit und auch die Zulassungsverfahren für Novel-Food und Feed im Detail aussehen werden, darüber wird noch in den EU-Gremien viel diskutiert werden müssen.

Eine Verabschiedung der Verordnungen wird nicht vor 2003 erfolgen können, sodass in diesem Bereich weiterhin Rechtsunsicherheit bestehen bleibt.

Daher haben die meisten EU-Mitgliedsstaaten auch bislang noch Bedenken, das Moratorium, von dem ich eingangs sprach, wieder aufzuheben.

Klar ist jedoch, dass mit den Neuregelungen insbesondere **die Sicherheit und Transparenz für den Verbraucher erhöht werden und auch für den Umweltschutz viel an Verbesserungen erreicht** würde:

Mit diesem Paket von neuen Instrumenten kann es uns gelingen, die ökologischen Auswirkungen des großflächigen Anbaus von GVP zu erfassen, bei negativen Entwicklungen rechtzeitig geeignete Maßnahmen zu ergreifen oder ihnen dann auch entgegenwirken zu können.

Lassen Sie mich zum Schluss noch einmal auf das **Monitoring**, unserem Thema für die nächsten zwei Tage, zurückkommen:

Ich meine, der gründlichen **Erforschung der ökologischen Risiken** muss besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Denn es gibt Wirkungen, die unter den Bedingungen einer experimentellen, kleinflächigen Freisetzung keine Bedeutung haben, bei kommerziellem landwirtschaftlichem Anbau, also großflächigem Anbau, jedoch ernsthafte Risiken bergen können.

Beispielhaft möchte ich hier nur das Problem der Resistenzentwicklung nennen, welches bei Freisetzungen keine Rolle spielt, unter den veränderten Bedingungen beim Einsatz in der landwirtschaftlichen Praxis durchaus zum ernstesten (auch wirtschaftlichen) Problem werden kann.

Folgende **Kriterien** müssen daher bei der Entwicklung eines Monitoring-Konzepts erfüllt werden:

- Das Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen muss in der Lage sein, **Wissenslücken über Umweltwirkungen**, insbesondere hinsichtlich Langzeitwirkungen, zu **schließen** sowie einmal getroffene Entscheidungen im Rahmen der gesetzlichen Regelungen an der Realität zu überprüfen.
- Es soll einerseits ermöglichen, die Prognosen auf eine bessere und **breitere Datenbasis** zu stellen und damit abzusichern, und andererseits auch **möglichen schädlichen Einwirkungen** auf die Umwelt rechtzeitig **entgegenzuwirken**.

- Es ist darüber hinaus die Aufgabe eines Monitoring, **Wirkungshypothesen im Sinne der Vorsorge** zu überprüfen sowie nicht vorhersehbare Effekte zu ermitteln.

**Zusammenfassend lässt sich feststellen:**

1. Im Prozess der Umsetzung der Freisetzung-Richtlinie und der Ausgestaltung der EU-Vorschläge zu Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit sowie zu Novel-Food und Feed **ist eine breite Diskussion, eine** EU-weite Entwicklung und Harmonisierung von Monitoring-Konzepten von besonderer Bedeutung.

Nur so kann dieses komplexe Thema in handhabbare Verfahren umgesetzt werden.

2. Es gilt, **die Anwendung der Bio- und Gentechnik** in Europa sinnvoll und verantwortungsbewusst zu gestalten. Gerade im Zusammenhang mit transgenen Nutzpflanzen bestehen neben gesundheitlichen Bedenken, große Befürchtungen bezüglich möglicher ökologischer Risiken.

Diese Fragen müssen ernst genommen und weiterhin, ich betone, **offen** diskutiert und bewertet werden.

3. Eine Risikodiskussion ist aber nur dann sinnvoll, wenn sie sich an belegbaren Daten orientiert.

Deshalb fördert die Bundesregierung insgesamt die **Intensivierung der ökologischen Begleitforschung**, das Bundesumweltministerium hat in diesem Zusammenhang einen Förderschwerpunkt "Sicherheitsforschung und Langzeitmonitoring transgener Pflanzen" eingerichtet.

Ich hoffe, dass die kommenden zwei Tage dazu beitragen, Ansätze für die Ausgestaltung des mit der novellierten Freisetzung-Richtlinie gesetzlich verankerten Monitoring zusammenzutragen und Grundlagen für ein gemeinsames Verständnis zu schaffen.

Der Gesellschaft für Ökologie danke ich für die Ausrichtung der Tagung, der ich ein gutes Gelingen wünsche.

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit.

## **4. Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG – neue Aspekte für die Sicherheitsforschung von GVO?**

*Dr. Joachim Bendiek,  
Robert Koch-Institut, Zentrum Gentechnologie, Nordufer 20, 13353 Berlin,  
Tel.: 030/ 01888-754-3021, E-Mail: bendiekj@rki.de*

### **4.1. Einleitung**

In der Europäischen Union sind das Freisetzen und das Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen genehmigungspflichtig. Der rechtliche Rahmen für die Genehmigung der entsprechenden Vorhaben wird durch die Richtlinie (RL) 90/220/EWG (EU-Kommission, 1990) gesteckt, die in Deutschland durch das Gentechnikgesetz (GenTG) und die dazugehörigen Verordnungen in nationales Recht umgesetzt wurde. Für die Durchführung der Genehmigungsverfahren für Vorhaben der Freisetzung und des Inverkehrbringens gentechnisch veränderter Organismen nach dem Gentechnikgesetz ist in Deutschland das Robert Koch-Institut (RKI), Berlin, verantwortlich. An der Entscheidungsfindung sind die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) und das Umweltbundesamt (UBA) als Einvernehmensbehörden maßgeblich mit beteiligt.

Am 12. März 2001 verabschiedeten das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union die Richtlinie 2001/18/EG „über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG“. Mit der Veröffentlichung der neuen Richtlinie im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften am 17.04.2001 trat die Richtlinie in Kraft (EU-Kommission, 2001 a). Binnen 18 Monaten (bis zum 17.10.2002) muss die Richtlinie in allen EU-Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden. In Deutschland steht deshalb die Novellierung des Gentechnikgesetzes bis zu diesem Termin an.

Inhalt des vorliegenden Beitrags ist die Vorstellung einer Reihe von Änderungen, die sich aus der neuen Richtlinie 2001/18/EG im Vergleich zur alten Richtlinie 90/220/EWG ergeben. Die Zusammenstellung ist schon aus Platzgründen nicht vollständig. Ausgewählt wurden vor allem Aspekte, die für die Öffentlichkeit von besonderem Interesse sind, und die für die Durchführung von Genehmigungsverfahren von besonderer Bedeutung zu sein scheinen. Der vorliegende Beitrag ist die schriftliche Ausarbeitung eines Vortrags gleichen Titels anlässlich der Fachtagung „Ökologische und ökosystemanalytische Ansätze für das Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen“, die vom Arbeitskreis „Gentechnik und Ökologie“ der Gesellschaft für Ökologie am 21. und 22. November 2001 in Göttingen veranstaltet wurde.

## **4.2. Allgemeine Verpflichtungen**

### **4.2.1. Vorsorgeprinzip**

Im Verlauf der bisher durchgeführten Genehmigungsverfahren zu Anträgen auf Genehmigung der Freisetzung und des Inverkehrbringens gentechnisch veränderter Organismen wurde zwar auch dem Vorsorgeprinzip besondere Bedeutung zugemessen. Verdeutlicht wird dies z. B. durch die Regelungen zu Isolationsmaßnahmen und zu Anbaupausen und Nachkontrollen in Freisetzungsvorhaben, von denen keine schädlichen Auswirkungen auf die Rechtsgüter des GenTG zu erwarten sind.

Mit der expliziten Nennung des Vorsorgeprinzips in Artikel 4 Absatz 1 (Art. 4 Abs. 1) der neuen Richtlinie ist es jedoch nunmehr auch explizit als weiteres Entscheidungskriterium benannt worden.

### **4.2.2. Umweltverträglichkeitsprüfung**

Neu geregelt ist in der neuen RL die durchzuführende Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Neben der Verpflichtung zur Durchführung der UVP vor der Anmeldung eines GVO für eine Freisetzung oder ein Inverkehrbringen (Art. 4 Abs. 2) finden sich nun auch die Grundprinzipien für die UVP in einem eigenen Dossier der Richtlinie (Anhang II). Die Grundprinzipien für die UVP werden durch Leitlinien ergänzt, die bis zum 17.10.2002 fertig zu stellen sind. Die Anforderungen an die für die Durchführung der UVP vorzulegenden Informationen (Anhang III) entsprechen jedoch weitgehend den bereits in der alten RL niedergelegten Anforderungen (dort Anhang II).

### **4.2.3. Antibiotikum-Resistenzgene**

Erstmals wird in der neuen Richtlinie der Umgang mit bestimmten Antibiotikum-Resistenzgenen geregelt (Art. 4 Abs. 2). Es ist beabsichtigt, die „Verwendung von Antibiotikaresistenzmarkern in GVO, die schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt haben können“ (EU-Kommission, 2001 a), schrittweise einzustellen: Die schrittweise Einstellung soll für GVO, die in den Verkehr gebracht werden sollen, bis zum 31.12.2004 und für GVO, die für Freisetzungen verwendet werden sollen, bis zum 31.12.2008 geschehen.

Die Regelung in der RL 2001/18/EG ermöglicht zwar grundsätzlich weiterhin die Verwendung von bestimmten Antibiotikumresistenzgenen für die Entwicklung von gentechnisch veränderten Organismen, die freigesetzt oder in den Verkehr gebracht werden sollen, sofern diese Antibiotikaresistenzgene keine schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt haben können. Jedoch ist zu erwarten, dass bereits die Absicht, auf die Einstellung der Verwendung bestimmter Antibiotikaresistenzmarker hinzuwirken, zu nochmals verstärkten Anstrengungen führen wird, alternative Selektionsmethoden zu entwickeln. Nur so wird es möglich sein, die sicherlich

vor allem in der Öffentlichkeit schwierige Diskussion darüber zu vermeiden, welche Antibiotikumresistenzmarker den genannten Anforderungen entsprechen.

#### **4.2.4. Rückverfolgbarkeit von GVO**

Die Mitgliedstaaten der EU werden mit Art. 4 Abs. 6 der RL 2001/18/EG veranlasst, Maßnahmen zu erlassen, die die Rückverfolgbarkeit von GVO, die in den Verkehr gebracht werden, in jeder Phase des Inverkehrbringens zu gewährleisten. Die Rückverfolgbarkeit soll darüber hinaus auch in einer neuen Verordnung geregelt werden, für die die EU-Kommission zwischenzeitlich einen Entwurf vorgelegt hat, über den jedoch noch nicht abschließend entschieden wurde (EU-Kommission, 2001 b).

#### **4.3. Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen**

Als wesentliche Neuerung wird in Art. 9 nun die Beteiligung und Information der Öffentlichkeit bei Freisetzungsvorhaben EU-weit verbindlich vorgeschrieben. Für die Freisetzungsvorhaben in Deutschland bedeuten diese Regelungen keine Neuerung, da hier bereits nach den geltenden gentechnikrechtlichen Regelungen die öffentliche Bekanntmachung eines Vorhabens sowie die einmonatige öffentliche Auslegung der Antragsunterlagen verbindlich vorgeschrieben waren, und für einen weiteren Monat die Möglichkeit bestand, gegen ein Vorhaben Einwand zu erheben.

#### **4.4. Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen**

Regelungen zum Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Organismen erfuhren umfangreiche und bedeutsame Änderungen. Hervorzuheben sind:

##### **4.4.1. Befristete Zustimmung**

Zustimmungen (Genehmigungen) für das Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Organismen sollen für längstens zehn Jahre erteilt werden (Art. 15 Abs. 4). Die Zustimmung kann auf Antrag erneuert werden, wobei die Geltungsdauer der erneuten Zustimmung generell zehn Jahre nicht überschreiten sollte und „gegebenenfalls aus spezifischen Gründen beschränkt oder verlängert werden“ kann (Art. 17 Abs. 6).

##### **4.4.2. Beteiligung der Öffentlichkeit**

Als wichtige Neuerung für die EU-Bürgerinnen und -Bürger gibt die EU-Kommission der Öffentlichkeit künftig Kurzfassungen der Unterlagen von Anträgen zum Inverkehrbringen von GVO sowie den Bewertungsbericht bekannt, der von der zuständigen Behörde des Landes zu erstellen ist, in dem der Antrag eingereicht wurde. Der Öffentlichkeit wird nun erstmals die Möglichkeit eingeräumt, während eines Zeitraums von 30 Tagen Bemerkungen zu dem Vorhaben und zu dem Bericht vorzubringen, die der zuständigen Behörde zugeleitet werden (Art. 24 Abs. 1). Es kann erwartet werden, dass

die vorgetragenen Bemerkungen im Verlauf des weiteren Verfahrens gewürdigt und angemessen berücksichtigt werden.

#### **4.4.3. Anhörung wissenschaftlicher Ausschüsse, Ethikausschuss**

Die bereits seit geraumer Zeit von der EU-Kommission praktizierte Vorgehensweise, zu bestimmten Verfahren wissenschaftliche Ausschüsse der EU-Kommission anzuhören, wird nun durch den Art. 28 verbindlich geregelt. Mit Art. 29 wird der EU-Kommission auch die Möglichkeit eingeräumt, jeden Ausschuss, den die Kommission zur Beratung über ethische Fragen eingerichtet hat, zu einem Vorhaben anzuhören.

#### **4.4.4. Genregister, Standortregister**

Während die Einrichtung eines Genregisters bereits seit 1997 gemäß der alten Richtlinie möglich war (EU-Kommission, 1997) und z. B. in Deutschland Angaben über die Standorte von Freisetzungsvorhaben von Anfang an zentral erfasst wurden und öffentlich zugänglich waren, enthält die neue Richtlinie nun zusätzlich die Aufforderung, ein Register einzurichten, in dem die Standorte der im Rahmen des Inverkehrbringens angebauten GVO festgehalten werden soll. Dies soll insbesondere im Hinblick auf das notwendige Monitoring im Rahmen der zu erstellenden Überwachungspläne geschehen (Art. 31 Abs. 3).

### **4.5. Überwachungsplan**

Antragsunterlagen (Anmeldungen) für Vorhaben des Inverkehrbringens müssen zukünftig einen so genannten Überwachungsplan gemäß Anhang VII der RL 2001/18/EG enthalten (Art. 13 Abs. 2 lit. e). Der Anhang soll durch Leitlinien ergänzt werden, zu denen ein erster Entwurf erarbeitet wurde.

Der Überwachungsplan soll das so genannte „Monitoring“ in den Verkehr gebrachter gentechnisch veränderter Organismen beschreiben und regeln. Über die inhaltlichen Anforderungen und die notwendige Ausgestaltung der „Monitoringpläne“ wird derzeit in der interessierten Öffentlichkeit und in den am Verfahren beteiligten Einrichtungen intensiv diskutiert.

Der RL 2001/18/EG lässt sich entnehmen, dass der Überwachungsplan vom Antragsteller gemeinsam mit den Unterlagen zu einem Inverkehrbringensantrag einzureichen ist. Im Verlauf des Genehmigungsverfahrens wird von den zu beteiligenden Behörden darüber zu entscheiden sein, ob der vom Antragsteller vorgeschlagene Überwachungsplan ausreichend und damit genehmigungsfähig ist. Über einen Antrag entscheiden zunächst die national zuständigen Behörden unter Beteiligung der EU-Mitgliedstaaten, ggf. unter Vermittlung der EU-Kommission und des EU-Ministerrats.

In einem von der zuständigen Behörde des Landes, in dem der Antrag eingereicht wurde, zu erstellenden Genehmigungsbescheid wird die Ausgestaltung des Überwa-

chungsplans schließlich verbindlich festgelegt. Nach den heute geltenden Regelungen fiele diese Verantwortung in den Aufgabenbereich des RKI, wobei BBA und UBA an der Entscheidung in Deutschland beteiligt sind.

Die Ziele des Überwachungsplanes sind:

- i) „zu bestätigen, dass eine Annahme über das Auftreten und die Wirkung einer etwaigen schädlichen Auswirkung eines GVO oder dessen Verwendung in der UVP zutrifft, und“
- ii) „das Auftreten schädlicher Auswirkungen des GVO oder dessen Verwendung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt zu ermitteln, die in der UVP nicht vorhergesehen wurden“ (EU-Kommission, 2001 a).

In der Summe erfassen die beiden Ziele alle Möglichkeiten, aus denen schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt abgeleitet werden können: nämlich die in der UVP ermittelten sowie alle übrigen schädliche Auswirkungen.

Um beide Ziele verfolgen zu können, sind unterschiedliche Maßnahmen erforderlich: Zur Ermittlung von nicht vorhergesehenen schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt sind allgemeine überwachende Beobachtungen notwendig (s. u.). Der Möglichkeit konkreter Auswirkungen kann durch exakt definierte Programme vorgebeugt werden (sog. fallspezifische Überwachung oder fallspezifisches Monitoring).

Vor diesem Hintergrund sollte der Überwachungsplan laut Anhang VII u. a.

- i. auf jeden einzelnen Fall zugeschnitten sein und die UVP berücksichtigen;
- ii. die Merkmale der GVO berücksichtigen;
- iii. die vorgesehene Verwendung (z. B. Anbau, Import, Verarbeitung, Produkte, Umfang) berücksichtigen;
- iv. "eine allgemeine überwachende Beobachtung auf unerwartete schädliche Auswirkungen" und
- v. "erforderlichenfalls eine (fall-)spezifische Überwachung vorsehen, in deren Mittelpunkt die in der UVP ermittelten schädlichen Auswirkungen stehen";
- vi. festlegen, wer welche Aufgaben übernimmt;
- vii. festlegen, über welchen Zeitraum überwacht werden soll;
- viii. sicherstellen, dass die Informationen über alle ermittelten schädlichen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt an den Inhaber der Zustimmung und die zuständige Behörde weitergeleitet und diese unterrichtet werden (wann, wie häufig);
- ix. mögliche Notfallpläne beschreiben.

Der durch die Formulierung der Anforderungen an den Überwachungsplan eröffnete Interpretationsspielraum ist aus (natur-) wissenschaftlicher Sicht notwendig, um einer Vielzahl von sehr unterschiedlichen Einzelfällen sachgerechte Bewertungen und Entscheidungen zukommen zu lassen. Vor diesem Hintergrund sind auslegungsfähige und auslegungsbedürftige Begriffe notwendig. Zur gleichen Zeit bieten sie jedoch Anlass für kontroverse Diskussionen, deren Ausgang unmittelbar Einfluss auf den Umfang und den Inhalt der Überwachungsmaßnahmen hat.

Dies sei am Beispiel der Frage skizziert, ob aus der Möglichkeit des Auskreuzens der Gene, die in Deutschland bisher im Rahmen von Freisetzungen in gentechnisch veränderten Raps eingebracht wurden, um eine Herbizidtoleranz zu vermitteln, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt abgeleitet werden können. Würde dieses Ereignis (Auskreuzen der Herbizidtoleranz) nicht als schädliche Auswirkung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt bewertet, so stelle sich für diesen konkreten Parameter die Frage nach der Notwendigkeit der (fall-) spezifischen Überwachung. Ein Ergebnis der Bewertung könnte sein, dass aus dem Inverkehrbringen eines gentechnisch veränderten Organismus schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt nicht zu erwarten sind und deshalb auf eine fallspezifische Überwachung verzichtet werden könnte.

Im Rahmen der allgemeinen überwachenden Beobachtung (*general surveillance*) könnte es im Beispielfall ausreichen, Regelungen und Maßnahmen vorzusehen, die das rechtzeitige Erkennen des Auftretens von direkten, indirekten, sofortigen oder späteren schädlichen Auswirkungen des GVO oder dessen Verwendung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt ermöglichen, die in der UVP nicht vorhergesehen wurden. Es steht wohl außer Frage, dass die allgemein überwachende Beobachtung hinsichtlich ihrer Intensität, mithin hinsichtlich der Inanspruchnahme von personellen, räumlichen und letztlich finanziellen Ressourcen, eine andere Qualität als die fallspezifische Überwachung haben wird.

Für die nahe Zukunft ist zu erwarten, dass den zuständigen Behörden die ersten Vorschläge für konkrete Überwachungspläne zur Bewertung vorgelegt werden. Derzeit sind mehrere Arbeitskreise bemüht, Anforderungen an Überwachungspläne zu konkretisieren, um einerseits den Zielvorgaben der Richtlinie 2001/18/EG gerecht zu werden, ohne andererseits die Realisierbarkeit der Überwachungstätigkeit aus dem Auge zu verlieren, um ein genehmigtes Inverkehrbringen nicht durch einen unangemessenen Überwachungsplan faktisch undurchführbar zu machen.

#### **4.6. Übergangsfristen**

Zwar ist die neue Richtlinie seit dem 17.04.2001 in Kraft, doch gilt die alte Richtlinie 90/220/EWG noch bis zum 16.10.2002. Zu bestimmten Fragestellungen wurden Übergangsfristen und terminliche Regelungen getroffen, die in Tabelle 4.1 zusammengefasst sind.

Tabelle 4.1.: Wichtige Fristen in Richtlinie 2001/18/EG

<b>Datum:</b>	<b>Maßnahme:</b>
17.04.2001	Richtlinie 2001/8/EG tritt in Kraft
17.10.2002	Richtlinie 90/220/EWG wird aufgehoben Leitlinien zur UVP fertig stellen Leitlinien zum Überwachungsplan fertig stellen
31.12.2004	Ende der Verwendung best. Antibiotikaresistenzmarker in Organismen zum Inverkehrbringen
17.10.2006	Ende der Genehmigung des Inverkehrbringen gemäß RL 90/220/EWG
31.12.2008	Ende der Verwendung best. Antibiotikaresistenzmarker in Organismen zur Freisetzung

Von besonderem Interesse ist sicherlich, dass auch Genehmigungen für Anträge zum Inverkehrbringen von GVO, die noch unter der Richtlinie 90/220/EWG eingereicht wurden, und über die vor dem 17.10.2002 zustimmend entschieden wurde, in ihrer Gültigkeit bis zum 16.10.2006 befristet wurden (Art. 17 Abs. 1 lit. b). Bislang wurden diese Genehmigungen unbefristet erteilt. Es besteht jedoch die Möglichkeit, eine erneute Zustimmung zum Inverkehrbringen zu beantragen. Wird der entsprechende Antrag rechtzeitig eingereicht, so kann der GVO zu den in der gültigen Zustimmung genannten Bedingungen weiter in den Verkehr gebracht werden, bis eine endgültige Entscheidung über den Antrag auf erneute Zustimmung getroffen wurde (Art. 17 Abs. 9).

#### **4.7. Neue Aspekte für die Sicherheitsforschung?**

Unter Sicherheitsforschung werden Untersuchungen an und im Umfeld von gentechnisch veränderten Organismen verstanden, die im Rahmen von Freisetzungsvorhaben im Feld stehen. Die genauere Bezeichnung ist „freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung“.

Freisetzungen sind zeitlich und räumlich eingeschränkte Vorhaben. Häufig haben sie Versuchscharakter. Sie werden geplant und angelegt, um zur Beantwortung bestimmter Versuchsfragen beizutragen. Typisch in diesem Zusammenhang sind Versuche zur Ermittlung von Ertragsparametern im Vergleichsanbau verschiedener Genotypen und unter Berücksichtigung anbaupraktischer Variablen (Düngemenge, Bodenbearbeitung, Pflanzenschutzmaßnahmen).

Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung kann Untersuchungen zum Gegenstand haben, die eher der wissenschaftlichen Grundlagenforschung zuzuordnen sind.

Darüber hinaus wird sie sehr häufig für Untersuchungen genutzt, die im direkten oder indirekten Zusammenhang mit dem Vorhaben stehen, gentechnisch veränderte Produkte zur Vermarktungsreife zu führen. Hier sollen Ergebnisse mit dem Ziel erarbeitet werden, die Bewertung der Wechselwirkungen der gentechnisch veränderten Pflanze mit der Umwelt besser bewerten zu können.

Durch die zu entwickelnden Überwachungspläne ist zu erwarten, dass die freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung in den relevanten Fällen zukünftig verstärkt darauf ausgerichtet werden wird, belastbare Ergebnisse zu liefern, um den Umfang und den Inhalt der durchzuführenden Überwachungsmaßnahmen beim späteren Inverkehrbringen begründet anpassen zu können. Dies erscheint sinnvoll und erstrebenswert, verbessert es doch die Bewertungssicherheit bereits zum Zeitpunkt der Genehmigung des Inverkehrbringens. Für eine zielgerichtete Ausgestaltung der freisetzungsbegleitenden Sicherheitsforschung ist dann jedoch eine frühzeitige Verständigung über Themenfelder und Untersuchungen, zu denen Ergebnisse für eine sachgerechte Bewertung notwendig sind, für alle Beteiligten unverzichtbar.

Wenn die neue Richtlinie 2001/18/EG dazu einen – mittelbaren – Anlass gibt, hat sie eines ihrer Ziele erreicht und einen Beitrag zur Verfahrenssicherheit für die Zulassung des Inverkehrbringens von gentechnisch veränderten Organismen geleistet.

#### **4.8. Literaturverzeichnis**

1. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 1990: Richtlinie des Rates vom 23. April 1990 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt (90/220/EWG).
2. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 117, v. 08.05.1990, S. 15-27.
3. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2001 a): Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung von gentechnisch veränderten Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates.
4. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 106, v. 17.04.2001, S. 1-38.
5. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2001 b): Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung genetisch veränderter Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln sowie zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG.
6. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. C 304 E, v. 30.10.2001, S. 327-330.
7. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 1997: Richtlinie der Kommission vom 18. Juni 1997 zur zweiten Anpassung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates

über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt  
an den technischen Fortschritt (97/35/EG).

8. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 169, v. 27.06.1997, S. 72.

## 5. Die Bedeutung von Schutz und Qualitätszielen

*P.D. Dr. Andreas Fisahn,  
FEU Universität Bremen, FB 6, Postfach 33 04 40, 28334 Bremen,  
Tel.: 0421/ 223 9464, E-Mail: fisahn@uni-bremen.de*

### 5.1. Einleitung

Der Zusammenhang zwischen unserem Tagungsthema „Ökologische und ökosystemanalytische Ansätze für das Monitoring von GVO“ und dem ausgewiesenen Thema meines Referats „Die Bedeutung von Schutz- und Qualitätszielen“ ist nicht unmittelbar einsichtig – ich jedenfalls hatte meine Schwierigkeiten. Nun folgen morgen weitere Statements zu Umweltzielen oder Qualitätsmerkmalen. Hier vermute ich einen Zusammenhang zu meinem Thema. Wie schlägt man nun noch die Brücke von Qualitäten und Zielbestimmungen – in welcher Kombination auch immer – zum Monitoring von GVO?

Monitoring verlangt eine bestimmte Blickrichtung. Seit der Heisenbergschen Unschärferelation hat sich herumgesprochen, dass der beobachtete Gegenstand auch vom Beobachter abhängt, sich mit der Beobachtung das „Objekt der Beobachtung“ ändert. Und das gilt nicht nur für Kleinstteilchen, die durch Licht abgelenkt werden. In den Sozialwissenschaften wurde aus diesem Theorem 50 Jahre später das Erkenntnisinteresse, das nicht nur die Fragestellung der Forschung, sondern die Forschung selbst beeinflusst. Beim Monitoring wird man also fragen müssen, was wollen wir eigentlich beobachten oder überwachen, welchen Zweck soll die Beobachtung haben. Jedenfalls muss man sich diese Frage bei komplexen Wirkungszusammenhängen und begrenzten Beobachtungskapazitäten stellen. Nun findet man mit der Zweck- oder Zielbestimmung in § 1 GenTG möglicherweise auch den Zweck oder das Ziel für das Monitoring, es wird gleichsam gesetzlich vorgegeben. Zu beobachten ist, ob mit den GVO Gefahren für Leben und Gesundheit von Menschen, für Tiere oder Pflanzen oder für die sonstige Umwelt verbunden sind.

### 5.2. Risikoregulierung oder Regulierung der Eingriffsgeschwindigkeit

Aber: Unterlage für diese Zielbestimmung ist die polizeirechtliche Gefahrenabwehr oder der etwas moderne Risikodiskurs. Nun kann man die Frage stellen, ob das die richtige Perspektive ist, ob Gefahren und Schäden im klassisch polizeirechtlichen Sinne noch die richtige Zielbestimmung oder der richtige Schutzzweck eines Gentechnikgesetzes sein können. Umgekehrt: Zwingt eine neue Technik nicht dazu, die Perspektive zu wechseln und über neuartige Zielbestimmungen und Schutzperspektiven zu diskutieren? Im Bereich der roten Genetik findet dieser Diskurs inzwischen auch jenseits der Expertenzirkel statt. Man fragt wie weit der grundrechtliche Schutz der Würde

des Menschen oder etwa das informationelle Selbstbestimmungsrecht gehen, und es wird diskutiert, ob Fragen der neuen Technik mit den alten Grundrechten angemessen zu erfassen sind. Es geht um die Forschung an Stammzellen, das reproduktive und therapeutische Klonen oder die Grenzen der Präimplantations- oder Pränataldiagnostik. Diese Diskussionen könnten Veranlassung sein, auch mit Blick auf die grüne Genetik die Frage nach der Aktualität und Reichweite der alten polizeirechtlichen Schutzzwecke zu stellen. Die Frage stellt sich insbesondere, da die Vorbehalte, die in der Öffentlichkeit gegenüber grüner Genetik bestehen, nicht über den Schadensbegriff zu klären sind. Das veranlasst die Biologie, sich zwar nicht in Erbsen- doch aber in Käferzählerei zu ergehen, die wenig Überzeugungskraft hat ohne eine Klärung der Frage, was damit bewiesen werden soll.

Es scheint deshalb notwendig vom Schaden umzustellen auf den Begriff der Beschleunigung. Die Genetik ist in der Lage, schon immer existente anthropogene Eingriffe in den evolutionären Prozess um ein Vielfaches, nahe grenzenlos zu beschleunigen.

Mit der Genetik, so formulierte es der Philosoph Günter Anders, gab es einen Sprung vom homo faber zum homo creator. Der homo faber hat selbstverständlich auch in die Natur eingegriffen und Neues geschaffen. Der homo faber verarbeitet Natur, tritt gleichsam in einen Stoffwechselprozess mit der Natur ein, und er schafft auch „neue Natur“, er bringt durch gezielte Züchtung, Kreuzung und ähnliche Methoden „neue Natur“ oder „anthropogene Natur“ hervor. Insofern scheint sich die Genetik nicht von den alten, „herkömmlichen“ Kulturtechniken zu unterscheiden. Während sich der homo faber gleichsam im Bereich der Variationen bewegt, so Anders weiter, im Bereich des Variierens vorgegebener Themen der Natur bleibt, wird durch die Genetik das Feld der Variation erweitert, weil wirklich Neues jenseits der vorgegebenen Themen geschaffen werden kann. Der Mensch könne eine „zweite Natur“ schaffen, jenseits der Varianten, die von der Natur vorgegeben sind.[1]

Unter dem Gesichtspunkt der Zeit oder Geschwindigkeit scheint etwas anderes wichtiger zu sein. Dem homo faber waren bei der Züchtung und Kreuzung räumliche und zeitliche Grenzen gesetzt. Er blieb gleichsam in raum-zeitlichen Strukturen eingebettet, was den natürlichen Reproduktionsbedingungen der Arten und einkalkulierenden Misserfolgen der Lebewesen geschuldet ist. Im Unterschied dazu entfällt diese Einbettung beim homo creator weitgehend. Die gentechnische Kreation ist von zeitlichen und räumlichen Vorgaben getrennt denkbar. Zeit und Raum stellen für sie keine Schranken dar. Fasst man sowohl Züchtung wie gentechnische Veränderung als anthropogenen Eingriff in den evolutionären Prozess, so ist mit der Genetik eine beinahe beliebige Beschleunigung dieser Eingriffe in die Evolution möglich geworden. Genetik entbettet die menschliche Variation der Natur. Quantität kann beim Wegfall der zeitlichen Grenze in Qualität umkippen.

Und wenn mit der Genetik in diesem Sinne ein qualitativer Sprung verbunden ist, müssten die Ziele der Regulierung zumindest auf den Prüfstand gestellt werden. Dann muss man über neue Ziele diskutieren. Dazu könnte etwa die zeitliche Begrenzung des Eingriffs in evolutionäre Prozesse gehören oder die Entschleunigung des genetischen Eingriffs in die Evolution. So scheint es sinnvoll zu sein, zumindest neben der Risikoregulierung – die gleichsam den doppelten Boden darstellt – eine Regulierung der Geschwindigkeit der genetischen Veränderung der natürlichen Umwelt zu beginnen. Außerdem: Für die rote Genetik ist – so weit ich sehe – unbestritten, dass Kreuzungen von Menschen mit anderen Arten ethisch oder auch rechtlich unzulässig sind. Entsprechende Grenzen für die grüne Genetik werden zumindest in der rechtlichen Diskussion nicht einmal in Erwägung gezogen. Die juristische – und wie es scheint auch die biologische – Fantasie ist auf die polizeirechtliche Gefahr des aufgeklärten Absolutismus eingestellt, nicht auf die beschleunigte Gesellschaft des digitalen Kapitalismus.

### **5.3. Ziele in der Rechtsarbeit**

#### **5.3.1. *Der Rechtsarbeiter und das Konditionalprogramm***

So scheint Sinn zu machen, auch über eine andere Ziel- und Zwecksetzung der gentechnischen Regulierung nachzudenken. Die könnte dann entsprechende Auswirkungen auf den Beobachterstandpunkt des Monitorings haben. Dabei ist es ziemlich unerheblich, ob man es Schutzzweck, Qualitätsziel oder Qualitätsmerkmal nennt, wenn neue Gesetzesziele formuliert werden. Das sind dieselben Brötchen in verschiedenen Tüten. Es kommt darauf an, dass neue Zielsetzungen das neue Gesetz insgesamt strukturieren. Anders herum: Es ist nur wenig hilfreich, neue Ziele oder Zwecke in die Zielbestimmungen des Gesetzes aufzunehmen, wenn ansonsten die Struktur der Regulierung bleibt und nicht auf eine andere Regulierung umgesteuert wird, z. B. von der Risikoregulierung zur Regulierung der Beschleunigung evolutionärer Eingriffe. Oder kurz gesagt: Die Bedeutung der gesetzlichen Zielbestimmungen werden von Nicht-Juristen oft überschätzt.

Beobachten konnte ich das zuletzt bei einer Anhörung zur BNatSchG-Novelle. Die Naturschützer diskutierten ausgiebig und mit viel Enthusiasmus über die Veränderungen der Zielbestimmungen im Entwurf. Kurz bevor die Vertreterin des Ministeriums dann gehen musste, kam man auch zum Eingemachten – ich übertreibe etwas, aber die Gewichtung lag deutlich falsch.

Es stellt sich also die Frage nach der Bedeutung von Zielen im Gesetzestext mit einiger Relevanz. Bei Rechtsarbeitern wird die Bedeutung der gesetzlichen Zielbestimmungen meist eher niedrig veranschlagt. Woher kommt das? Rechtsarbeiter sind es gewohnt und haben es – oft recht mühselig - gelernt mit Konditionalprogrammen umzugehen. Der Umgang mit Finalprogrammen fällt ihnen dagegen schwer. Konditionalprogramme sind dem Rechtsarbeiter in Fleisch und Blut übergegangen, sie lösen

gleichsam Pawlowsche Reflexe aus, ihre Bearbeitung ist geradezu habituell geworden. Anders die Finalprogramme, sie bereiten Kopfzerbrechen und bedürfen unliebsamer Lernprozesse. Finalprogramme passen nicht recht in die juristische Logik.

Konditionalprogramm bedeutet, dass ein konkreter Tatbestand mit einer konkreten Rechtsfolge verknüpft ist. Das lässt sich als Wenn-Dann-Schema oder eben als Konditionalprogramm fassen. Wenn der Tatbestand erfüllt ist, dann tritt die Rechtsfolge ein.

Ein Beispiel: **Wenn** eine unvertretbare schädliche Einwirkung auf Leben, Gesundheit und die natürliche Umwelt nicht zu erwarten ist, **dann** muss die Genehmigung für die Freisetzung von GVOs erteilt werden.

Die Ausbildung der Rechtsarbeiter besteht zu großen Teilen daraus, die Brücke zwischen dem abstrakten Gesetzeswortlaut und der „Wirklichkeit“ – oder was er dafür hält – zu schlagen und systematisch die Rechtsnorm zu finden, die mit konkreten Rechtsfolgen verbunden ist, sog. Ermächtigungs- oder aus Bürgersicht, Anspruchsgrundlagen. Finalprogramme, also gesetzliche Zielbestimmungen, wie z.B. die nachhaltige Sicherung der Nutzungsfähigkeit der Naturgüter – ein Ziel aus § 1 BNatSchG – sind dagegen erheblich schwieriger zu handhaben. Das liegt daran, dass unklar ist, welche Folge es hat, wenn das Ziel insgesamt verfehlt wird – und das kann man für das zitierte Ziel aus dem BNatSchG ja im Großen und Ganzen behaupten.

So lautet Luhmanns Lobeshymne auf das Konditionalprogramm: „Die Form des Konditionalprogramms ist eine der großen evolutionären Errungenschaften der gesellschaftlichen Entwicklung. Man findet sie bald nach der Einführung der Schrift in Mesopotamien, und zwar in den divinatorischen Texten der Weisheitslehre, in medizinischen Texten und in juristischen Texten.“[2]

Die Bedeutung von Schutz- und Qualitätszielen hängt so auf den ersten Blick davon ab, ob sie in den Konditionalprogrammen eines Gesetzes effektiv umgesetzt sind. Wichtig ist vor allem, welche Rechtsfolge mit ihnen verbunden sind oder ob sie gleichsam als juristische Lyrik am Anfang des Gesetzes stehen.

### **5.3.2. Eine kleine rechtssoziologische Studie**

Nun werden Sie sich wundern, wenn ich Ihnen sage, dass die gesetzlichen Zielbestimmungen dennoch zu den meistzitierten oder benutzten Vorschriften in den Urteilen deutscher Gerichte zählen. Das kann man mit der juristischen Datenbanksystemen relativ leicht recherchieren.

Im Juris-System finden sich beispielsweise insgesamt 684 Entscheidungen, in denen das BNatSchG zitiert wurde, also irgendeine Rolle spielte. Die Zahl der Entscheidungen, in denen § 1 BNatSchG also die Zielbestimmungen zitiert wurden, liegt bei 74, was eine Häufigkeit von 10,8% ausmacht. Es gibt auch Vorschriften, die nur zwei- oder drei-mal genannt werden. Die Eingriffsregelung, also eine zentrale Vorschrift des BNatSchG, lag zum Vergleich bei 27% der Entscheidungen.

Ein ähnliches Bild ergab sich auch bei anderen Gesetzen. Von allen Entscheidungen zum BauGB zitieren 17,9% die Aufgabenbestimmungen in § 1 BauGB. Beim Abfallgesetz waren es sogar 33%. Ausreißer sind das BImSchG und das GenTG. Beim BImSchG wurde die Zweckbestimmungen aus § 1 nur von 1,5% der Entscheidungen zitiert, Von 24 Entscheidungen zum GenTG zitierten neun die Zweckbestimmungen, also 37,5%. Die Ausreißer sind leicht zu erklären. Im GenTG verweisen die Genehmigungstatbestände auf die Schutzgüter in § 1 GenTG, sodass es eher verwundert, dass sie nicht öfter zitiert wurden. Umgekehrt beim BImSchG. Dort sind die Zweckbestimmungen so allgemein und banal, dass sie sich gleichsam von selbst verstehen. Es lohnt sich also nicht, sie zu zitieren.

Wie ist nun diese kleine rechtssoziologische Studie mit meiner Aussage vereinbar, dass Finalprogramme bei den Entscheidungen von Rechtsarbeitern nur eine untergeordnete Rolle spielen? Ist das nicht ein Widerspruch? In der Tat ist das einer, aber in Dialektik geschult, müssen wir uns da keinen Kopf machen, sind Widersprüche doch bestens geeignet, um ein höheres Reflexionsniveau zu erreichen.

## **5.4. Ziele und unbestimmte Rechtsbegriffe**

### **5.4.1. *Der Spielraum im Konditionalprogramm***

Was machen also die Rechtsarbeiter mit den Zweckbestimmungen, wenn doch die Konditionalprogramme Grundlage der Entscheidung sind? Nun, Rechtssätze, auch Konditionalprogramme sind nicht immer eindeutig. Vielmehr sind sie meistens uneindeutig oder vage, weil sprachliche Begriffe regelmäßig einen Interpretationsspielraum offen lassen. Das ist einer der Gründe, warum gerichtliche Streitentscheidungen notwendig sind. Ein Klassiker der Rechtstheorie, Theodor Geiger, formuliert das so: Die Norm sei durch konsensuale Verwendung von sprachlichen Begriffen nur in ihrem „minimalen und maximalen Relationsradius“ eindeutig.[3] Um einen festen Begriffskern existiert ein Begriffshof, für den die Bedeutungen uneindeutig sind. Erst außerhalb dieses Hofes ist wieder klar, dass die Norm nicht einschlägig ist.

Damit nun die Entscheidung im Zwischenbereich der minimalen und maximalen Bedeutungsrelation halbwegs rational oder berechenbar bleibt, zieht die Rechtswissenschaft verschiedene Hilfsinstrumente zu Rate, um den Inhalt eines Rechtssatzes zu konkretisieren. Eines dieser Instrumente ist die sog. teleologische (nicht theologische) Auslegung (das kommt vom Griechischen „telos“, was übersetzt Zweck oder Ziel heißt). Über die Ziele des Gesetzes oder des Gesetzgebers versucht der Rechtsarbeiter die Unschärfe in der sprachlichen Bedeutung eines Rechtssatzes einzudämmen. Über die Auslegungsmethoden, darunter die teleologische Auslegung, wird versucht, den vagen Bereich eines Rechtssatzes kleiner zu halten.

Woher kommen nun die Ziele? Nun werden Sie sagen: die stehen doch im Gesetz. Und diesen Eindruck habe ich ja auch vermittelt. Also heißt es in einem Kommentar zu

§ 1 BNatSchG: Mit den Zielen „werden Anhaltspunkte für die Gesetzesauslegung und für die zumeist ... erforderlichen Abwägungen gegeben.“[4]

#### **5.4.2. Ziele als Programmierung der Auslegung**

Tatsächlich handelt es sich dabei aber um eine vergleichbar neue Entwicklung. Das BGB oder das Strafgesetz, aber auch die Gewerbeordnung oder das Gaststättengesetz kommen ohne in Paragraphen gegossene Zielbestimmungen aus. Erst in neueren Gesetzen, und hier insbesondere im Umweltrecht, findet man einleitende Zielbestimmungen. Während die Gewerbeordnung etwa 130 Jahre alt ist, ist das älteste der modernen Umweltgesetze, nämlich das Abfallgesetz, gerade mal ca. 30 Jahre, es ist aus dem Jahre 1972. Und selbstverständlich ist die Methode der teleologischen Auslegung auch schon angewendet worden, bevor der moderne Gesetzgeber begann, Ziel- und Zweckbestimmungen in die Gesetze zu schreiben.

Woher nahmen die Rechtsarbeiter dann den Sinn und Zweck des Gesetzes? Teilweise findet er sich in den historischen Materialien, d. h. der Gesetzgeber hat z. B. in die Gesetzesbegründung hineingeschrieben, welchen Zweck das Gesetz oder eine einzelne Regelung haben soll. Über den Blick in diese Materialien lässt sich dann das Ziel bestimmen.

Für die Juristen ist dies aber nicht die teleologische, sondern die historisch-genetische Auslegung. Sie fragt, was wollte der historische Gesetzgeber. Hier werden die Grenzen zur teleologischen Auslegung allerdings fließend.

Ansonsten bestimmt der Rechtsarbeiter den Sinn und Zweck des Rechtssatzes mehr oder weniger selbst. Er fragt *sich*, was mit der Norm – vernünftigerweise – gewollt gewesen war, welches Ziel sie hat. Und dann unterstellt er seine subjektive Vernünftigkeit als objektiv vernünftiges Ziel des Gesetzes. Mit anderen Worten: Die teleologische Auslegung ist ausgesprochen angreifbar, weil mehr als bei anderen Methoden die Gefahr besteht, dass der Rechtsarbeiter vom Telos des Gesetzes abweicht und sein eigenes Programm an die Stelle der gesetzgeberischen Programmierung stellt.

So muss man wohl folgern, dass gesetzlich normierte Ziele die Programmierung der Rechtsarbeit möglicherweise exakter machen, als Hilfsinstrumente für mehr Sicherheit bei der Auslegung unbestimmter Programmsätze sorgen. An die Stelle der Zielbestimmung des Rechtsarbeiters, die allenfalls unzureichend legitimiert ist, treten die durch den Gesetzgeber selbst festgelegten Zielbestimmungen, die bei der Auslegung von Generalklauseln herangezogen werden können. Und das geschieht anscheinend auch recht häufig, wie meine kleine Statistik zeigt. Prima werden Sie sagen: Zwar dienen Zielbestimmungen nur als Hilfsmittel der Auslegung von Konditionalprogrammen, aber als solche sind sie doch wichtig, weil sie gesetzgeberische Wertungen festlegen. Aber die Dialektik lässt sich noch eine Stufe weitertreiben.

## 5.5. Rechtsevolution – von Konditional- zu Finalprogrammen?

Nicht alle Rechtssätze sind gleichermaßen vage oder unbestimmt. Zwar ergibt sich aus der Kluft zwischen Sprache und „Wirklichkeit“ immer ein Spielraum für den Rechtsarbeiter, aber die Spielräume sind unterschiedlich groß. In vielen Fällen versucht der Gesetzgeber eine exakte Programmierung, in anderen verzichtet er mehr oder weniger bewusst darauf. So besteht ein Unterschied zwischen dem Konditionalprogramm „Wenn der Antragsteller nicht die von der IHK bescheinigten lebensmittelrechtlichen Kenntnisse besitzt, dann ist die Gaststättenerlaubnis zu versagen.“ (§ 4 Abs.1 Nr.4 GastG) Hier sind Voraussetzungen und Rechtsfolge klar: keine Bescheinigung, keine Erlaubnis. Anders bei folgendem Konditionalprogramm: „Wenn der Antragsteller nicht die erforderliche Zuverlässigkeit besitzt, dann ist die Gaststättenerlaubnis zu versagen.“ (§ 4 Abs.1 Nr.1 GastG) Hier ist es offenkundig etwas aufwändiger zu bestimmen, was denn wohl Zuverlässigkeit bedeuten könnte. Eine teleologische Auslegung ist möglicherweise erforderlich.

Der Gesetzgeber hat mit einer Generalklausel gearbeitet, die für den Rechtsarbeiter einen großen Spielraum eröffnet. Nun sind Generalklauseln keine neue Erscheinung. Sie finden sich auch in den klassischen Gesetzen, wie der Gewerbeordnung von 1869. Aber sie treten im Umweltrecht besonders häufig auf. Das Umweltrecht ist ein Rechtsgebiet, in dem der Gesetzgeber besonders häufig auf eine exakte Programmierung verzichtet und die genaue Bestimmung des Konditionalprogramms entweder den Rechtsarbeitern oder der Exekutive mit untergesetzlichen Vorschriften überlässt. Man spricht auch plakativ von der Flucht des Gesetzgebers in die Generalklauseln. Flüchtet der Gesetzgeber in Generalklauseln verschiebt er die tatsächliche Entscheidung auf die Rechtsarbeiter in Verwaltung, Gericht, Industrie usw. Das Konditionalprogramm wird hohl, die Programmierung versagt und an ihre Stelle tritt nur ein Programmrahmen, der auszufüllen ist.

Hinzu kommt die starke Bedeutung planerischer Prozesse im Bereich des Umweltrechts. Das Konditionalprogramm wird durch planerische Abwägungen ersetzt oder aufgeweicht. Planerische Entscheidungen, das Aufstellen von Plänen, sind insbesondere dort relevant, wo der Staat selbst handelt. Das gilt für den Bereich der Raumplanung, also bei Raumordnungsprogrammen, Landesplänen oder bei der Bauleitplanung. Und es gilt im Bereich der Fachplanung, die von Landschafts- oder Wasserplänen bis zur Infrastrukturgenehmigung und -planung, also bis zum Straßen- und Schienenbau reicht. Planerische Entscheidungen sollen komplexe Konfliktsituationen bewältigen, wobei die Konflikte oder unterschiedlichen Interessen in die planerische Abwägung einzustellen sind. Und eben die planerische Abwägung eröffnet der Verwaltung per definitionem einen weiten Gestaltungsspielraum. Sie ist nur noch sehr begrenzt durch Konditionalprogramme programmiert oder auch programmierbar.

Diese Situation wird unterschiedlich analysiert und entsprechend fallen die Lösungsvarianten aus. Man kann etwa folgende Fraktionen ausmachen: erstens die Vertreter prozeduralen Rechts, zweitens die Vertreter der regulierten Selbstregulierung und drittens die Vertreter eines ökologischen Verfassungsstaates. Oder um es pejorativer auszudrücken und um die Kritik gleich mit zu formulieren: erstens die Glaubensgeschwister zivilgesellschaftlicher Reflexionspotenziale, zweitens die Nebel werfenden Deregulierer und drittens die traditionalistischen Etatisten.

Dabei durchkreuzen sich die Ergebnisse und theoretischen Grundannahmen durchaus, sodass die Vermutung nahe liegt, dass es keine zwingende Verbindung zwischen beiden gibt. Der Systemtheoretiker Niklas Luhman etwa ist der Seite der Traditionalisten zuzurechnen, umgekehrt kommen Helmut Wilke[5] und Karlheinz Ladeur ebenfalls auf systemtheoretischen Prämissen zur Favorisierung des prozeduralen Rechts.

### **5.5.1. Prozedurales Recht – Glaube an die Zivilgesellschaft**

Etwas genauer: Sowohl die Vertreter prozeduralen Rechts wie die Deregulierer gehen von zwei zusammenhängenden Hypothesen aus: erstens führe die Komplexität der sozial- und umweltstaatlichen Anforderungen an das Recht dazu, dass die anstehenden Probleme nicht mehr allgemeingültig durch Konditionalprogramme oder abstrakte generelle und bestimmte materielle Normen zu regulieren sind. Zweitens führe dies und der notwendige Abstand zwischen Programmierer, also Gesetzgeber, und Programmiererten dazu, dass ein Steuerungsversagen des Rechts in Form von Vollzugsdefiziten festgestellt werden kann. Die Konsequenz ist, dass sich das Recht der neuen Situation anpassen müsse. Und hier trennen sich die Fraktionen.

Bei den Vertretern prozeduralen Rechts bleibt es in der Schwebe, ob sich das Recht der neuen Situation anpassen solle. Dann handelt es sich um eine normative Forderung. Oder ob sich das Recht der neuen Situation – mehr oder weniger gezwungen – anpasst. Dann handelt es sich um eine deskriptive Aussage. Wie auch immer – was ist die Anpassung durch prozedurales Recht? Sie liegt in zwei Dingen: nämlich erstens in einer Umsteuerung vom Konditionalprogramm auf das Finalprogramm. Hier begegnen uns also die Ziele wieder. Zweitens und zentral ist aber die Ablösung materieller Programmierung durch prozedurale Problembearbeitung. Das heißt auf Deutsch: Die rationale, gerechte oder richtige Entscheidung soll oder kann nicht durch Konditionalprogramme des Gesetzgebers vorgegeben werden. Stattdessen soll der Gesetzgeber ein Verfahren zur Verfügung stellen, in dem diese Entscheidung ermittelt wird. An diesem Verfahren sollen möglichst viele Betroffene oder Interessenten beteiligt werden, die durch geschickte Vermittlung ein konsensuales oder zumindest ein vernünftiges, gerechtes Ergebnis finden sollen. Die Entscheidung, wie die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Ziele verwirklicht werden, trifft dieser nicht selbst, sondern sie werden an die Zivilgesellschaft zurückgegeben. In der sog. „zweiten Moderne“ reflektiert die Zivilgesellschaft über die staatlichen Normen und akzeptiert sie nicht einfach oder unter-

wirft sich ihnen nicht einfach. Deren Reflexionspotenzial soll deshalb in die Lösung von sozial- und umweltstaatlichen Konflikten einbezogen werden. Diese Variante hat den Charme, dass an Stelle des Machtapparats Verwaltung oder Staat die Gesellschaft dezentral die Steuerung übernimmt.

Die Vertreter des prozeduralen Rechts stehen vor drei Problemen: Erstens sind im Bereich der Infrastrukturplanung oder Anlagengenehmigung bisher keine Verfahren entwickelt oder rechtlich verankert worden, die das Problem der zivilgesellschaftlichen Beteiligung befriedigend lösen. Prozedurales Recht ist insofern nicht Realität, als keine Verfahren normiert wurden, die den Einfluss der Zivilgesellschaft gegen vermachtete Interessen der Wirtschaft oder des Staates absichern. Die Rechtsprechung zu den Folgen von Verfahrensfehlern trägt das ihre dazu bei, den Frust über die einflusslose Öffentlichkeitsbeteiligung zu steigern und Desinteresse zu produzieren. Verfahrensfehler haben nach der Rechtsprechung fast niemals rechtliche Folgen.

Zweitens wird das Reflexionspotenzial der Zivilgesellschaft m. E. genauso überschätzt wie die Bereitschaft zur Beteiligung an Verfahren, die im Zweifel Geld und Zeit kostet. Die Überschätzung des Reflexionspotenzials äußert sich z. T. im Glauben an vernünftige Lösungen und konsensuale Ergebnisse, die durch gleichberechtigte Beteiligung und rationale Diskussion entstehen sollen. Interessenskonflikte und widersprüchliche Wertungen lassen sich aber in einer widersprüchlichen Gesellschaft nicht immer beseitigen.

Drittens hat die Politik in den 1990er-Jahren dem Glauben an eine zwangsläufig fortschreitende Prozeduralisierung des Rechts ein jähes Ende gesetzt. Verfahren wurden verkürzt, Beteiligungsrechte eingeschränkt. Als Beispiel nur das GenTG: Der Erörterungstermin wurde aus der Öffentlichkeitsbeteiligung gestrichen. Mit der Krise des Verfahrens verlieren aber auch die Finalprogramme ihren Sinn.

### **5.5.2. Regulierte Selbstregulierung – neoliberale Deregulierer**

Diese Probleme haben die Vertreter der regulierten Selbstregulierung[6] nicht. Vorgegeben wird durch den Gesetzgeber nach diesem Modell nur noch das Ziel. Wie dieses Ziel erreicht wird, überlässt man den beteiligten Akteuren. Das ist aber eben nicht die Zivilgesellschaft, sondern im Wesentlichen die Wirtschaft. Diese soll selbst die Formen finden, wie das gesetzgeberische Qualitätsziel erreicht wird und die Zielerreichung auch selbst überwachen. Das ist natürlich weitgehend neoliberaler Unsinn, wie das Beispiel des Dosenpfands bestens vor Augen geführt hat. Was fehlt ist ein vernünftiger Sanktionsmechanismus, wenn das Ziel verfehlt wird. Beim Dosenpfand war es nur die üble Drohung, dass der Gesetzgeber dann selbst regelt. So kann man unliebsame Regeln bestens verschieben.

Selbstregulierung ist nur dann denkbar, wenn es im Grunde keine unterschiedlichen Interessen oder Konflikte gibt, und über die Ziele Einigkeit besteht. Wenn aber der Markt die Probleme verursacht hat, ist es pure Ideologie oder Aberglaube zu hoffen,

dass der Markt die Probleme auch löst. Darauf läuft aber die Propagierung der Selbstregulierung oft hinaus. Vom Problem der Selbstregulierung zu unterscheiden ist die Frage, ob der Staat die Organisation und Institution auch selbst übernimmt und hierarchisch überwacht wie in der klassischen Verwaltung. Hier geht es z. T. um andere Steuerungsformen, nicht auf den Verzicht von Steuerung. Aber das kann hier nur am Rande erwähnt werden.

### **5.5.3. Ökologischer Verfassungsstaat – traditionale Etatisten**

Die Etatisten oder Vertreter des ökologischen Verfassungsstaates bezweifeln dagegen schon die Prämisse. Es ist danach keine notwendige Folge zunehmender Komplexität, dass der Gesetzgeber auf Entscheidungen in Form von exakt programmierenden Konditionalprogrammen verzichtet und in Generalklauseln und Finalprogramme flüchtet. Dahinter stehe vielmehr die Macht der „Technostruktur“ oder eines bürokratisch-wirtschaftlich-technischen-Komplexes, dem die Entscheidungskompetenz zur Ausfüllung der Generalklauseln letztlich zufalle. Der demokratische Gesetzgeber verzichte aus vielerlei Gründen auf exakte Programmierung auch dort, wo sie möglich sei. In die Lücke stoße die Technostruktur und ersetze Entscheidungen des demokratischen Gesetzgebers durch Expertensysteme.[7] Und diese Technostruktur ist weit davon entfernt, die Zivilgesellschaft zu repräsentieren. In ihr setzten sich vielmehr weitgehend vermachtete Interessen durch. Die Lösung des Problems unscharfer Programmierung seien also nicht Finalprogramme und prozedurales Recht oder Selbstregulierung, sondern die Stärkung des demokratischen Gesetzgebers und eine demokratische Programmierung der Exekutive durch bestimmte Konditionalprogramme.

Und: Mit Finalprogrammen gehe die Programmfunktion der Rechtsnorm gegen Null, was die Funktion des gesamten Rechtssystems, nämlich die Stabilisierung von Erwartungshaltungen, aushöhlen würde.[8] Was für Luhmann die Stabilisierung der Erwartungshaltung ist, lässt sich in alteuropäischer Denkweise jedenfalls in diesem Zusammenhang mit Rechtssicherheit übersetzen. Statt Rückverlagerung in die vermachtete Zivilgesellschaft ergibt sich als Postulat die Stärkung staatlich demokratischer Programmierung durch Konditionalprogramme.

Auch dies ist m. E. nur teilweise überzeugend. Zunächst kann man davon ausgehen, dass konditionale Programmierung nicht erst mit der zunehmenden Komplexität der Gesellschaft an ihre Grenzen stößt. Vielmehr war sie schon immer mehr oder weniger Illusion. Bei größeren gesellschaftlichen Veränderungen, die mit Veränderungen von Wertungen oder strukturalen Bewusstseinslagen verbunden sind, wird diese Illusion nur zum Problem. Nämlich deshalb, weil ein Widerspruch zwischen Alltagshandeln oder gesellschaftlicher Praxis und rechtlicher Ordnung auftritt. Ein Widerspruch, der in ruhigen Zeiten nur in Randbereichen, d.h. im abweichenden Verhalten besteht.[9] Nicht die Schärfe der Konditionalprogramme ändert sich ständig, sondern es ändert sich vielmehr das Problembewusstsein. Das heißt nicht, dass es kein Problem gibt, nur ist das Problem wahrscheinlich älter als angenommen.

#### **5.5.4. Lösungslotterie**

Als Problem bleibt vor allem, wie und von wem die Unschärfen in der konditionalen Programmierung scharf gezeichnet werden, oder wie und von wem Finalprogramme konkretisiert werden. Diese Frage, die gewissermaßen eine Machtfrage ist, muss gestellt werden als Frage nach Entscheidungskompetenzen oder als Frage nach der Ausgestaltung von Verfahren über die konkretisierende Entscheidungen, die getroffen werden – egal ob sie konditionale oder finale Generalklauseln ausfüllen. Es macht eben unter demokratischen Gesichtspunkten einen Unterschied, ob die Konkretisierung von Normsätzen der Technostruktur überlassen bleibt oder unter gleichberechtigter Vertretung der Zivilgesellschaft erfolgt. So sind neue Wege der Verfahrensgestaltung zu suchen und einiges ist hier in der Diskussion, wie etwa Mediation oder Planungszellen. Aber eine endgültige Antwort gibt es wohl nicht, so- dass man zunächst auf eine Mischung der aufgezeigten Optionen setzen muss. Also auf eine Mischung erneuerter exakter konditionaler Programmierung durch den Gesetzgeber einerseits und einem weiter zu entwickelnden prozeduralen Recht, neuen Verfahrensgestaltungen mit gleichberechtigter effektiver Partizipation andererseits. Hier haben dann Finalprogramme ihre Berechtigung. Wie heißt es in der Werbung: Mix it, baby.

Nun habe ich Sie von der einfachen Frage nach der Bedeutung von Zielen im GenTG gleichsam entführt in mehr oder weniger grundsätzliche Fragestellungen der Organisation des Rechts. Wenn aber mein Ergebnis richtig ist, dass zunächst nur eine Mischung auf der Tagesordnung stehen kann, dann bin ich wieder bei meiner Ausgangsthese: Versprechen Sie sich nicht entscheidend mehr Klarheit, Sicherheit oder eine andere Richtung durch andere Zielbestimmungen im Gesetz. Wenn man andere Qualitätsziele will, muss das Gesetz insgesamt umstrukturiert werden. Ob wir durch unsere kleine Dialektik ein höheres Reflexionsniveau erreicht haben, müssen Sie entscheiden.

#### **5.6. Literaturhinweise**

1. Anders, G., Die Antiquiertheit des Menschen, Bd.2, S.21ff.
2. Luhmann, N., Das Recht der Gesellschaft (Frankfurt 1993), S. 196.
3. Geiger, T., Rechtssoziologie, S. 262.
4. Louis, H., § 1 BNatSchG – Kommentar (Braunschweig 1994), Rdnr.1.
5. Wilke, H., Ironie des Staates (Frankfurt 1972) S. 177 f.
6. Di Fabio, U./ Schmidt-Preuß, M., Verwaltung und Verwaltungsrecht zwischen gesellschaftlicher Selbstregulierung und staatlicher Steuerung, in: VVDStRL H.56 (1997), S. 162 ff.
7. Steinberg, R., Ökologischer Verfassungsstaat (Frankfurt 1998).
8. Luhmann, N., Das Recht der Gesellschaft, S. 202 ff.

9. Vgl. dazu ausführlich: Fisahn, A., Natur – Mensch – Recht, Elemente einer Theorie der Rechtsbefolgung (Berlin 1999), S. 324ff.

## **6. Reflektion bestehender Forschungsansätze im Rahmen landwirtschaftlicher Problembereiche, der Sicherheitsforschung und des Monitoring von GVO**

*Dr. Beatrix Tappeser,  
Öko-Institut e.V., Postfach 6226, 79038 Freiburg, Tel.: 0761/ 45295-39,  
E-Mail: Tappeser@oeko.de*

### **6.1. Einleitung**

Bodenerosion, Biodiversitätsverluste, Gewässerkontamination mit Pestiziden und Düngemitteln ebenso der Abbau der Bodenfruchtbarkeit werden als die vordringlichsten Probleme der in westlichen Industrieländern vorherrschenden intensiven landwirtschaftlichen Praxis charakterisiert (FAO 1995). Insofern sollte erwartet werden können, dass sich die unterschiedlichen Forschungsförderungsinstitutionen, sei es das BMBF, die DFG oder auch die Ressortforschung des BMVEL oder des BMU, verstärkt mit Fragestellungen befassen, die hier Innovationen und Verbesserungen versprechen. Dabei kommt der Biotechnologie/Gentechnik eine herausgehobene Rolle zu, da diese Technikentwicklung und Anwendung bei weitem die höchsten Forschungsmittel erhält und zwar bei allen angesprochenen Institutionen.

Das Biotechnologie-Programm der Bundesregierung, u. a. auch auf eine Förderung der „Grünen Gentechnik“ ausgerichtet, ermöglicht eine jährliche Gesamtförderung in allen Anwendungsgebieten in Höhe von 1,6 Milliarden DM (Mittel des BMBF, der DFG, der MPG und des BMVEL für das Jahr 2000, (Bundesbericht Forschung 2000)). Dazu addiert werden müssen noch ca. 150 000 Mill. DM aus EU- geförderten Projekten. Schätzungsweise ein Drittel dieser Gelder fließt direkt oder indirekt in die Förderung einer gentechnikgestützten Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion. Kaum eines der geförderten Projekte im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung der Gentechnik adressiert die oben erwähnten Probleme direkt oder in einem systemaren Zusammenhang. Herbizidresistenz oder Insektenresistenz werden allerdings in Zusammenhang mit möglichen Pestizideinsparungen genannt bei ansonsten weitgehend unveränderten pflanzenbaulichen Bedingungen von High-Input-Sorten. Auf der anderen Seite sind genau diese neuen Eigenschaften Ursache für eine Reihe von zusätzlichen Risikovermutungen. Zur Abklärung der Risiken ist vor allem von der öffentlichen Hand in Sicherheitsforschung investiert worden.

## 6.2. Forschungsaufwand für Sicherheitsforschung

16,5 Millionen DM oder ca. 3% (bezogen auf 550 Mio. DM für umweltrelevante Anwendungen) werden jährlich für das deutsche Sicherheitsforschungsprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) aufgewandt (BMBF 2000).

Das Bundesministerium für Umwelt, Reaktorsicherheit und Naturschutz (BMU) gibt in den Jahren 2001 bis 2004 insgesamt 3,6 Mio. DM für sechs Projekte der Sicherheitsforschung aus.

Die EU hat in den Jahren von 1985 bis 2000 nach ihren Kriterien 81 Sicherheitsforschungsprojekte mit insgesamt 70 Millionen ECU finanziert. Damit dürfte der Anteil an der Gesamtförderung dieses Bereiches in den sukzessiven Forschungsrahmenprogrammen deutlich unter 1% liegen.

Dieses wird jeweils als großes Engagement für die Sicherheitsforschung interpretiert (EU-Review 2001).

Das amerikanische Landwirtschaftsministerium hat für 2001 10 Projekte mit einem Gesamtvolumen von 2,1 Mio. Dollar oder 4,2 Mio. DM bewilligt (USDA 2001).

*Tabelle 6.1.: Aufwendungen für Biotechnologie in Deutschland, der EU und den USA*

	<b>Zeitraum</b>	<b>Ausgaben</b>	<b>Entspricht jährlich</b>
<b>Deutschland</b>	2001 – 2003	53 Mio. DM	17,5 Mio. DM
	(Gesamtaufwendungen für Biotechnologie: 1,5 Mrd. DM jährlich + 150 Mio. DM von EU, davon ca. 550 Mio. DM für umweltrelevante Anwendungen)		
<b>EU</b>	1985-2000	70 Mio. Euro ≈ 137 Mio. DM	9,2 Mio. DM
<b>USA</b>	2001	2,1 Mio. Dollar für zehn Projekte	2,1 Mio. Dollar

Der finanzielle Aufwand, der von Seiten der öffentlichen Hand zur Erforschung der Risiken einer Technikanwendung geleistet wird, ist aber nur ein Aspekt der Bewertung. Interessant ist, welche Art von Sicherheitsforschung finanziert wird.

Dabei lassen sich grundsätzlich zwei Ansätze unterscheiden:

- Forschungsansätze und die Förderung von Entwicklungen, die die Anwendung der Technik sicherer machen sollen

- Forschungsansätze, die die (systemaren) Wirkungen der Technikanwendung auf die Produkte und der Produkte der Technikanwendung auf das System, in das sie eingebracht werden sollen, in den Blick nehmen.

### **6.3. Das Sicherheitsforschungsprogramm des BMBF**

Mit Datum vom 21. 3. 2000 veröffentlichte die Bundesregierung die Förderrichtlinien zu „Sicherheitsforschung und Monitoring“ im Programm „Biotechnologie 2000“.

Förderschwerpunkte dieses Programms sind:

- Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung
- Methodenentwicklung für ein anbaubegleitendes Monitoring
- Kommunikationsmanagement in der biologischen Sicherheitsforschung

Von besonderem Interesse sind in unserem Zusammenhang die Vorgaben, die das BMBF für den Schwerpunkt „Freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung“ macht, denn hier hätte die Chance bestanden, in verstärktem Maße mögliche Systemwirkungen des Anbaus transgener Pflanzen in den Blick zu nehmen, dafür die entsprechenden Forschungsfragen zu formulieren und in Projekte umzusetzen. Dies hätte auch eine wertvolle noch vielfach fehlende Vorarbeit für ein Monitoring sein können. Denn neben Ergebnissen, die für Vermarktungsgenehmigungen von Bedeutung sind, ließen sich aus solchen Projekten auch Hinweise ableiten, welche Parameter im Rahmen eines Monitoring vorrangig beachtet und erhoben werden sollten.

Doch an ökosystemaren Ansätzen war das BMBF nicht interessiert.

Förderfähig sollten nur solche Projekte sein, die auf Hypothesen über begründete Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge aufbauen. Hypothesenunspezifische Untersuchungsansätze zu möglichen Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen auf Nahrungsketten, Artenvielfalt oder Lebensgemeinschaften wurden explizit von der Förderung ausgeschlossen.

In den weiter konkretisierten Ausführungen zu diesem Forschungsschwerpunkt wird dann eine Zweiteilung vorgenommen in übergeordnete kulturartenunabhängige Forschungsansätze und spezifische Forschungsansätze.

Besonders bei den Vorgaben für übergeordnete Forschungsansätze fällt auf, dass es hier hauptsächlich um eine Optimierung der Forschungsstrategien und Methoden bei der Entwicklung transgener Pflanzen geht, also letztendlich um eine Unterstützung der Produktentwicklung.

Das BMBF wünschte sich Projekte zu folgenden Fragestellungen:

- Neue Strategien zur Begrenzung der zu übertragenden Gensequenzen auf das funktionell notwendige Maß:

- Entwicklung von Alternativen zu den verfügbaren Markergenen für die Selektion gentechnisch veränderter Pflanzen,
- Entwicklung neuer Strategien zur Eliminierung überflüssiger Gensequenzen nach erfolgreicher Selektion,
- Entwicklung von Methoden der sequenzspezifischen Integration von Transgenen in das Pflanzengenom,
- Entwicklung biologischer Methoden zur Begrenzung der Ausbreitungsfähigkeit gentechnisch veränderter Pflanzen,
- Quantifizierung von Eintrittswahrscheinlichkeiten definierter Ereignisse im Vergleich zur gegebenen Situation (Antibiotikaresistenz),
- Entwicklung und Standardisierung von Nachweisverfahren für Transgensequenzen, die Testungen in großem Umfang erlauben und zu einem späteren Zeitpunkt bei Monitoringverfahren zur Anwendung kommen können.

Damit reagierte das BMBF teilweise durchaus auf vorgebrachte Kritik und Problem-  
aspekte. Die Antwort des Sicherheitsforschungsprogramms jedoch ist, Geld in Metho-  
denentwicklung zu investieren, die diese Probleme minimieren helfen, also auf der  
Produktentwicklungsebene ansetzen und nicht auf der Systemebene.

Folgerichtig liegt der Schwerpunkt der beantragten und dann auch bewilligten Projekte  
vor allem bei dem ersten Hauptthema der zitierten Fragestellungen, den neuen Strate-  
gien zur Begrenzung der zu übertragenden Gensequenzen und hier hauptsächlich auf  
der Entwicklung von Strategien zur Eliminierung überflüssiger Gensequenzen.

Auch bei den kulturpflanzen-spezifischen Forschungsansätzen überwiegen solche Fra-  
gestellungen, die sich einzelnen Aspekten der jeweiligen transgenen Pflanzen widmen  
(Untersuchungen zum Genfluss, einzelne Auswirkungen auf Nichtzielorganismen, Wir-  
kung auf Bodenorganismen oder Mykorrhiza), seltener werden systemorientierte  
Schwerpunkte formuliert.

Das unterschiedliche Verständnis von Sicherheitsforschung wurde besonders deutlich  
bei dem Schwerpunkt: transgene Gehölze. In den meisten bewilligten Projekten geht  
es um die Entwicklung männlicher oder weiblicher steriler Pflanzen, um bei mehrjähri-  
gen Pflanzen den Genfluss durch Auskreuzung möglichst weitgehend zu verhindern.

So drängt sich der Eindruck auf, dass das Sicherheitsforschungsprogramm mehr dar-  
auf ausgerichtet ist, die Kommerzialisierung transgener Pflanzen zu ermöglichen, als  
von dem Ansatz getragen ist zu verstehen, wie gentechnische Eingriffe die Physiologie  
und den Metabolismus transgen-veränderter Organismen beeinflussen und wie diese  
Organismen Interaktionen in den Lebensgemeinschaften und Nahrungsketten verän-  
dern können, in die sie eingebracht werden sollen.

#### **6.4. Die Sicherheitsforschung der EU**

Die von der EU geförderten Projekte, die der Sicherheitsforschung zugerechnet werden, umfassen ein deutlich größeres Spektrum an Themen als das deutsche Sicherheitsforschungsprogramm. Ein wenig mutet der vorgelegte Review wie ein Bauchladen all derjenigen Projekte an, die im allerweitesten Sinne einer Art von Sicherheitsforschung zugerechnet werden können. So finden sich Grundlagen-Projekte („Mobile elements: contribution to bacterial adaptability and diversity. MECBAD“) neben Projekten, die die Sicherheit von gentechnisch entwickelten Impfstoffen oder Vektoren für die Gentherapie prüfen („Genetic and immunologic safety of DNA vaccines.“ „Safety of genetically engineered retroviruses used for gene transfer.“), Projekte die sich mit der Stabilität der Genexpression befassen, die unter agronomischen Aspekten sicher von hoher Bedeutung sind („The mechanisms and control of genetic recombination in plants.“ „ Control of gene expression and silencing in plants.“) neben solchen, die wirklich ökosystemare Effekte von transgenen Pflanzen zu erhellen versuchen („Environmental impact of transgenic plants on beneficial insects.“ „Effects and mechanisms of BT transgenes on biodiversity of non-target insects: herbivores and their natural enemies.“). (Im Anhang ist eine Auswahl der Projekte tabellarisch dargestellt)

Auch hier drängt sich der Eindruck auf, dass neben einigen echten Sicherheitsforschungsprojekten, Sicherheitsforschung bisher nicht wirklich ernst genommen bzw. nicht als ein Schwerpunkt verstanden worden ist, der sich vorrangig mit ökosystemaren Auswirkungen transgener Organismen zu befassen hat.

#### **6.5. Aspekte und Anforderungen an zukünftige Sicherheitsforschung und das Monitoring**

Dieser Schwachpunkt der bisherigen Sicherheitsforschung soll partiell durch ein Nachzulassungsmonitoring aufgefangen werden, auch wenn das Monitoring insgesamt deutlich weiter gefasst ist und anders verstanden wird. Mittels eines Monitoring sollen direkte und indirekte, unmittelbare und spätere sowie unvorhergesehene schädliche Auswirkungen von GVO auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt festgestellt werden (RL 18/2001 EU). Das Monitoring soll helfen, Scale-up-Effekte frühzeitig zu erkennen, also Effekte, die erst durch einen großflächigen und zeitlich nicht begrenzten Anbau „entdeckbar“ sind. Im Umkehrschluss könnte das bedeuten, dass diejenigen Fragestellungen, die im Labor, im Gewächshaus oder bei experimentellen Freisetzungen zu klären sind, vor einer Zulassung auch ausreichend bearbeitet sind. Dies würde auch das Step-by-step- Prinzip, das die Richtlinie oder das deutsche Gentechnikgesetz vorschreiben, eigentlich erfordern.

Doch ein Blick in die Literatur belehrt, dass viele Fragen einer klassischen Sicherheitsforschung, die sich z. B. mit direkten Effekten und deren ökosystemaren Wirkungen befasst, sukzessive und parallel zum kommerziellen Anbau im Labor oder Gewächshaus bearbeitet werden. Ein prominentes Beispiel dafür ist die Forschung zu Non-

Target-Effekten des Bt-Toxins aus insektenresistenten Pflanzen. Der größere Teil der Arbeiten zu Non-Target-Effekten, wie Wirkungen auf weitere Lepidopterenraupen oder die Persistenz des Bt-Toxins in landwirtschaftlichen Böden, wurde erst nach der Vermarktungszulassung sowohl in Amerika wie auch in Europa durchgeführt (siehe u.a. Losey et al. 2001, Hilbeck 2001, Stotzky 2001). Insgesamt wurden bisher nur sehr kleine Ausschnitte der Nahrungsketten oder Abbauprozesse im Boden betrachtet.

Ohne diese Sicherheitsforschung oder Begleitforschung ist es aber hinreichend schwierig, entsprechend konsensfähige Ursache-Wirkungs-Hypothesen zu entwickeln, auf deren Basis Parameter für ein Monitoring ausgewählt werden können (siehe auch Brauner & Tappeser 2000). Gerade in Zusammenhang mit Freisetzungsversuchen ist die Chance verpasst worden, systematisch bestimmte ökologische Fragestellungen zu bearbeiten.

Insofern sollte eine zukünftige Sicherheits- und Begleitforschung verstärkt Systemzusammenhänge in den Blick nehmen, also z. B. die Nahrungsketten über verschiedene trophische Ebenen untersuchen, nicht nur toxische, sondern auch subtoxische Effekte in die Untersuchungen einbeziehen und generell eine größere Offenheit gegenüber unerwarteten Aspekten haben. Denn wer würde erwarten, dass die Integration von Bt-Genkonstrukten zu einer verstärkten Lignifizierung der Leitbahnen und der sie auskleidenden Zellen führt und dies wiederum Einfluss auf die Abbaubarkeit im Boden aber auch auf die Präferenz der sie fressenden Tiere hat (die sie dann eher meiden) (Stotzky 2001).

Aufgrund der großen Lücken in der Sicherheits- und Begleitforschung sollte im Rahmen eines Monitoring (wenn trotz der Lücken eine Vermarktungsgenehmigung erfolgen sollte) für verschiedene Pilotpflanzen - möglichst EU-weit koordiniert - ein möglichst umfassendes Pilotmonitoring unter Praxisbedingungen durchgeführt werden (und dies möglichst auf vergleichender Ebene, also im parallelen Anbau von transgener Sorte und isogener Sorte).

## **6.6. Baseline – was ist der angemessene Vergleich?**

Im Zusammenhang mit dem Monitoring aber auch bei der Bewertung/Auswertung der Begleitforschung ist es von besonderer Bedeutung, auf welcher vergleichenden Basis die Auswertungen/Bewertungen vorgenommen werden: Ist es eine konventionelle Landwirtschaft oder ist es eine biologische Landwirtschaft? Ist es im Rahmen einer konventionellen Landwirtschaft eher eine fortentwickelte Variante, die sich an Kriterien einer integrierten Produktion orientiert, oder eine Intensivvariante?

Von der Definition der Baseline hängt vieles ab: anzunehmender Schädlingsdruck, die Berechnung der Pestizideinsparungen, die messbaren Auswirkungen auf Bodenleben und auf sonstige Fauna und Flora, Art und Aufwand der Düngung etc.

In Deutschland aber auch in den USA ist ohne eine wirkliche Diskussion die konventionelle Landwirtschaft der Maßstab. Darüber hinaus ist nichts wirklich festgelegt, sondern dem Belieben der jeweiligen Akteure anheim gestellt.

Insofern ist gerade in Zusammenhang mit der Diskussion um die Definition einer guten landwirtschaftlichen Praxis noch viel Arbeit zu leisten, damit eine Basis geschaffen wird, die auch Zukunftsziele einbezieht im Sinne von Umweltqualitäts- und Umweltschutzzielen für eine zukunftsfähige Landwirtschaft.

## 6.7. Literatur

1. BMBF (2000) Bundesbericht Forschung 2000 [www.bmbf.de](http://www.bmbf.de)
2. Brauner, R., Vogel, B., Mutschler, M., Falk, W. Baier, A., Tappeser, B. (2001) Pilotprojekt zum Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen, Teilbericht zu Ursache-Wirkungshypothesen für Raps, Mais, Zuckerrüben und Kartoffeln.
3. EU-Review (2001) EC-Sponsored Research on Safety of Genetically Modified Organisms – A Review of Results. Kessler, C., and Economidis, I. (Eds.) The report is available at <http://europa.eu.int/research/fp5/eag-gmo.html>
4. Hilbeck, A.(2001) Transgenic host plant resistance and non-target effects in: Letourneau, D.K. and Burrows, B.E. (Eds.) Genetically Engineered Organisms, p.167-186 , CRC Press, USA.
5. Losey, J.E., Obrycki J.J., Hufbauer R. A. (2001) Impacts of genetically engineered crops on non-target herbivores: Bt-corn and monarch butterflies as a case study in Letourneau, D.K. and Burrows, B.E. (Eds.) Genetically Engineered Organisms, p.143-166, CRC Press, USA.
6. Stotzky, G. (2001) Release, persistence, and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis* in Letourneau, D.K. and Burrows, B.E. (Eds.) Genetically Engineered Organisms, p.187-222 , CRC Press, USA.
7. USDA (2001) Biotechnology Risk Assessment Research Grant Programme [www.usda.gov/agencies/biotech.htm](http://www.usda.gov/agencies/biotech.htm).

1. Plants			
1-01	Safety assessment of the release of transgenic crops: spread of herbicide resistance genes from wheat and foxtail millet to weedy species	February 1999 - January 2002	H. Darmency
1-02	Effects and mechanisms of BT transgenes on biodiversity of non-target insects: pollinators, herbivores and their natural enemies	October 2000 – September 2003	R. de Maagd
1-03	Impact of three selected biotechnological	January 2001 –	J.D. van

	strategies for potato pathogen control on the indigenous soil microbiota	December 2003	Elsaß
1-04	The mechanisms and control of genetic recombination in plants	October 1997 – September 2000	C. White B. Reiss K. Metzloff
1-05	Control of gene expression and silencing in transgenic plants	November 1996 - January 2000	P. Meyer
1-06	EcoTub: An ecologically safe selection system for transgenic crops based on modified plant-tubulin genes	October 2000 - September 2003	P. Nick

## 2. Plant microbes

2-01	Exploitation of Chinese biodiversity resources in sustainable crop production, using a biotechnological approach for rhizobial diversity evaluation, strain improvement and risk assessment	September 1996 – August 1999	K. Lindström
2-02	IMPACT I and IMPACT II: Interactions between Microbial Inoculants and Resident Populations in the Rhizosphere of Agronomically Important Crops in Typical Soils ECO-SAFE: Ecological and Environmental Biosafety Assessment of Novel Plant and Microbial Biotechnology Products	September 1993 – December 2002	F. O’Gara
2-03	Safer host-vector systems for the deliberate release of plant-beneficial <i>Pseudomonas</i>	January 1989 – December 1990	J. Davison

## 3. Bioremediation

3-01	Genetic tools for constructing genetically-modified micro-organisms (GEMs) with high predictability in performance and behaviour in ecological microcosms, soils, rhizospheres and river sediments	October 1991 – September 1993	J.L. Ramos
------	--	-------------------------------	------------

## 4. Food

4-01	Consumer attitudes and decision-making with	December 1996	K.G.
------	---	---------------	------

	regard to genetically modified food products	- November 1999	Grunert
4-02	Reliable, standardised, specific, quantitative detection of genetically modified food	February 2000 - January 2003	A. Holst-Jensen
4-03	New methods for the safety testing of transgenic food (SAFOTEST)	February 2000 - February 2004	I. Knudsen
4-04	Opportunities of transgenic food crops for the consumer and the food industry in the Community	April 1991 – March 1994	A. Reynaerts

### 5. Tools

5-01	High resolution of automated microbial identification: improvement of nucleic acid probe techniques	October 1991 - September 1993	K.N. Timmis
5-02	Chemical interactions and signalling between phytopathogenic fungi, rhizobacteria and plant roots with particular reference to saponins: implications for disease	December 1994 – June 1997	M.J. Daniels
5-03	Mobile elements contribution to bacterial adaptability and diversity (MECBAD)	October 1998 - September 2000	K. Smalla

### 6. Vaccines

6-01	Biosafety of vaccines based on self-replicating recombinant alphavirus	September 1998 - August 2000	G.J. Atkins
6-02	Genetic and immunological safety of DNA vaccines	September 1996 - October 1999	J.S. Robertson
6-03	Biosafety of mucosa-specific RNA-vectors expressing foreign antigens and recombinant antibodies for prevention of disease	October 1998 – September 2000	J.P. Teifke
6-04	Safety of genetically engineered retroviruses used for gene transfer	October 1991 - September 1993	F. Skou Pedersen

## 7. Sicherheitsforschung und anbaubegleitendes Monitoring – am Beispiel Raps

*Dr. Antje Dietz-Pfeilstetter,  
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Pflanzenvirologie,  
Mikrobiologie und biologische Sicherheit, Messeweg 11-12, D-38104 Braunschweig,  
Tel.: 0531/ 299-3819, E-Mail: [a.dietz@bba.de](mailto:a.dietz@bba.de)*

### 7.1. Einführung

Während vor dem Inverkehrbringen von gentechnisch veränderten Pflanzen im Rahmen von zeitlich und räumlich begrenzten Freisetzungen fallspezifische freisetzungsbegleitende Sicherheitsforschung durchgeführt wird, sollen durch anbaubegleitendes Monitoring, das nach dem Inverkehrbringen über einen längeren Zeitraum stattfindet, die Auswirkungen eines großflächigen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) untersucht werden. Dabei wird zwischen allgemeinem Monitoring („general surveillance“), das dem Erkennen unerwarteter Ereignisse dienen soll, und fallspezifischem Monitoring („case specific monitoring“), bei dem definierte Ursache-Wirkungs-Hypothesen überprüft werden, unterschieden.

Mögliche Auswirkungen des kommerziellen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen können neben der landwirtschaftlichen Nutzfläche auch die Randstrukturen sowie sonstige nicht direkt von der landwirtschaftlichen Nutzfläche beeinflusste Flächen betreffen. Im Einzelnen werden folgende potenzielle Auswirkungen diskutiert:

- direkte Auswirkungen der neuen Eigenschaften der GVP auf andere Organismen,
- Überdauerung und Ausbreitung der Pflanzen,
- Gentransfer auf andere Organismen, insbesondere auf andere Sorten oder verwandte Wildpflanzen,
- indirekte Auswirkungen auf die Umwelt und die Biodiversität durch veränderte Anbaumethoden oder als Folge von Auskreuzung in verwandte Wildpflanzen.

Monitoring sollte maßgeschneidert sein für die spezifischen Umweltrisiken, die mit dem Anbau einer gentechnisch veränderten Pflanze verbunden sein können. Zu betrachten sind daher die spezifischen Eigenschaften der Kulturpflanzenart ebenso wie die Art der gentechnischen Veränderung sowie die Charakteristika der geografischen Region, in der die Pflanzen angebaut werden. So sind beispielsweise die potenziellen direkten Auswirkungen veränderter Eigenschaften von Pflanzen in Abhängigkeit von der Art der gentechnischen Veränderung unterschiedlich und im Einzelfall zu betrachten.

Bei Raps (*Brassica napus* L.) spielen Überdauerung, Ausbreitung und Auskreuzung eine besondere Rolle, was verschiedene Ursachen hat. Obwohl Raps im Feld hauptsächlich selbstbefruchtend ist, werden auch beträchtliche Auskreuzungsraten von bis zu etwa 30% beobachtet [1,2]. Transgene können daher durch Pollen, der durch Wind und Insekten verbreitet wird, auf andere Rapsfelder oder auf verwandte Wildpflanzen übertragen werden. Darüber hinaus kann Raps sowohl als Durchwuchsunkraut auf Ackerflächen als auch häufig auf Ruderalstandorten vorkommen. Ursachen für zum Teil über mehrere Jahre auftretenden Durchwuchsraps sind die hohen Ausfallverluste bei der Ernte [3] und die Samenpersistenz im Boden [4]. Raps-Samenbanken im Boden könnten beim Anbau von gentechnisch verändertem Raps eine besondere Bedeutung für die Überdauerung und Ausbreitung von Transgenen im Ökosystem spielen.

Raps ist aufgrund der engen genetischen Verwandtschaft mit verschiedenen Kruziferen, die in Deutschland als Acker- oder Ruderalunkräuter vorkommen, natürlicherweise kreuzbar [5]. Introgression von *B. napus*-Genen in das Genom verwandter Kruziferen könnte daher ebenfalls ein Weg für die Ausbreitung und Überdauerung von Transgenen sein.

Gentechnisch veränderter Raps wurde in den vergangenen beiden Jahren weltweit auf einer Fläche von ca. drei Millionen Hektar angebaut, größtenteils in Kanada. Fast ausschließlich handelte es sich dabei um herbizidresistenten Raps, teilweise in Verbindung mit männlicher Sterilität zu Züchtungszwecken. Dieser Schwerpunkt bei der Art der eingeführten gentechnischen Veränderung findet sich auch bei dem innerhalb der EU in Freisetzungsexperimenten getesteten transgenen Raps. Hier enthielten 79% der in den letzten Jahren freigesetzten Pflanzen ein Herbizidresistenzgen.

Aufgrund der oben genannten Eigenschaften von Raps können sich verschiedene Auswirkungen des Anbaus von herbizidresistentem Raps ergeben, insbesondere

- Auftreten von herbizidresistentem Durchwuchsraps, wodurch die Anwendung des entsprechenden Komplementärherbizids in den Folgekulturen beeinträchtigt ist.
- Ausbreitung und Überdauerung der Pflanzen außerhalb landwirtschaftlicher Anbauflächen in Form von Ruderalraps.
- Auskreuzung des Herbizidresistenzgens auf benachbart angebaute Rapsorten, wodurch es sowohl zu Saatgutkontaminationen als auch zu Durchwuchspflanzen mit unerwarteten Herbizidresistenz-Eigenschaften auf der Nachbarfläche kommen kann.
- Auskreuzung des Herbizidresistenzgens auf verwandte Wildkruziferen und auf Ruderalraps.
- Wechselwirkungen mit blütenbesuchenden Insekten (Bienen).

Neben diesen direkten Auswirkungen sind auch indirekte denkbar. So könnten durch den veränderten Herbizideinsatz und durch Veränderungen im Anbauverfahren die Flora und Fauna von Acker und Ackerrand beeinflusst werden. Negative ökologische Auswirkungen könnten sich generell auch als Folge von Auskreuzungen in verwandte Wildpflanzen ergeben, jedoch nur, wenn durch die neue Eigenschaft die Fitness der Pflanzen erhöht wird. Im Fall von gentechnischen Herbizidresistenzen ist dies nicht zu erwarten; allerdings ist bei der Einführung anderer Eigenschaften, etwa von Schaderreger-Resistenzen, eine Fall-zu-Fall-Bewertung der Auswirkungen von Auskreuzungen aus Raps vorzunehmen.

Vergangene und laufende Projekte zur Sicherheitsforschung bei Raps decken sich inhaltlich weitgehend mit den genannten möglichen Auswirkungen von gentechnischen Veränderungen. Im Folgenden werden zu den einzelnen Problemfeldern des Anbaus von transgenem Raps exemplarisch Projekte mit ihren wesentlichen Zielstellungen und Methoden vorgestellt.

## **7.2. Herbizidresistenter Durchwuchs-/Ausfallraps**

In dem innerhalb des Forschungsschwerpunkts „FORBIOSICH“ der Bayerischen Landesstiftung geförderten Projekts „Auswirkungen des Anbaus transgener Nutzpflanzen mit *pat*-Gen vermittelter Herbizidtoleranz auf die Umwelt“ wurden bereits zwischen 1994 und 1998 an der TU München Untersuchungen zum Auftreten von transgenem, gegen das Herbizid Basta resistentem Durchwuchsraps durchgeführt [6]. Dabei wurden die nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung auflaufenden *pat*-Genträger quantifiziert.

Umfangreiche Untersuchungen zur genotypischen Variation der Überdauerungsneigung von gentechnisch verändertem und konventionell gezüchtetem Raps sowie zu Möglichkeiten der Beeinflussung durch pflanzenbauliche Maßnahmen wurden im Frühjahr 2001 an der Universität Hohenheim begonnen. Im Zuge dieses im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundvorhabens „Potenzielle Auswirkungen des Anbaus von transgenem Raps“ durchgeführten Projekts wird im Labor bei einer möglichst großen Anzahl von transgenen und konventionellen Raps-Genotypen die Dormanzneigung getestet. Darüber hinaus wird der Einfluss von Genotyp und Bodenbearbeitung auf die Überdauerung der Samen und das Auftreten von Durchwuchsraps im Freiland untersucht. Auf Grund der Nicht-Verfügbarkeit von transgenem Saatgut für Feldversuche können dabei bisher jedoch nur konventionelle Rapsorten eingesetzt werden.

## **7.3. Ausbreitung und Überdauerung von Raps**

In einem ebenfalls innerhalb des Verbundvorhabens „Potenzielle Auswirkungen des Anbaus von transgenem Raps“ 2001 an der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) begonnenen Projekt soll die Herkunft von Rapspflanzen, die auf Ruderalstandorten entlang von Wegen und Gleisanlagen beobachtet werden, aufgeklärt werden. Pflanzen von Ruderalraps-Populationen sollen dabei mittels molekularer

Marker bekannten Rapsorten zugeordnet werden, um bei gleichzeitiger Kenntnis der Anbausituation für Raps in der Region Zeitpunkt und Ort der Ausbreitung dieser Pflanzen zu bestimmen. Durch die zusätzliche Erfassung populationsdynamisch relevanter Parameter soll die Abundanzdynamik bestimmt und das Verwildierungspotenzial der Pflanzen abgeschätzt werden.

Mit der Raps-Ausbreitung beschäftigt sich auch das im Sommer 2001 unter Koordination der Universität Bremen begonnene und durch BMBF geförderte Verbundvorhaben „GenEERA – Generische Erfassungs- und Extrapolationsmethoden der Raps-Ausbreitung“. Ziel dieses Vorhabens ist es, für Norddeutschland auf der Grundlage der vorhandenen Datenbasis, Hybridisierungs- und Ausbreitungsdynamiken von Raps und verwandten Wildarten durch Modellierung abzuschätzen. Darüber hinaus soll anhand von Satellitenbilddaten der vergangenen Jahre die regionale Anbausituation für Raps dokumentiert werden, um Aussagen über Genaustausch und potenzielle Interaktionen mit verwandten Wildkruzifern zu ermöglichen.

#### **7.4. Auskreuzung**

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche kleinflächige Feldversuche mit transgenem, herbizidresistentem Raps durchgeführt, unter anderem durch das Niedersächsische Landesamt für Ökologie, die Technische Universität München und die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) in Kleinmachnow. Dabei wurden Auskreuzungen in die aus nicht transgenem Raps bestehende Mantelsaat, Auskreuzungen in einzelne, in größerer Entfernung aufgestellte Fangpflanzen sowie Auskreuzungen in gleichzeitig blühende artverwandte Kruzifern untersucht [6,7,8]. Um auch Daten zum Gentransfer beim großflächigen Anbau von transgenem und nicht transgenem Raps zu erhalten, wurde 1999 an der BBA in Braunschweig ein 3-jähriges Projekt (gefördert im BMBF-Schwerpunkt BIOMONITOR) begonnen, bei dem zwei Hektar transgener, herbizidresistenter und acht Hektar nicht transgener Raps unmittelbar nebeneinander bzw. durch einen zehn Meter breiten Streifen getrennt angebaut wurden. Die Abschätzung der Ausbreitung von Herbizidresistenzgenen auf benachbarte Rapsflächen erfolgt sowohl anhand von Samenproben als auch nach Herbizidselektion von Ausfallraps [9].

#### **7.5. Auskreuzung in verwandte Wildpflanzen**

Bei in den Jahren 1999 und 2000 durchgeführten Untersuchungen in Kanada, wo auf ungefähr drei Millionen Hektar herbizidresistenter Raps im kommerziellen Anbau ist, wurden bisher keine Auskreuzungen auf Wildkruzifern gefunden.

Sollten solche unter den Anbaubedingungen im Freiland offensichtlich seltene Ereignisse dennoch stattfinden, so sind die Folgen abhängig von der übertragenen Eigenschaft. Ein im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens „Potenzielle Auswirkungen des Anbaus von transgenem Raps“ 2001 am Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung

begonnenes Projekt beschäftigt sich daher mit dem Befallsverhalten verschiedener konventioneller Rapsorten, die zum Teil unterschiedliche Pathogenanfälligkeiten besitzen, sowie verschiedener Wild- und Kulturkruzifereen gegenüber pilzlichen Pathogenen. Um den Einfluss von Auskreuzungen aus Raps auf das Befallsverhalten zu untersuchen, werden verschiedene Hybriden hergestellt und im Feld sowie in Labortests auf Pilzbefall untersucht. Auch wenn bei diesen Untersuchungen kein transgener Raps zum Einsatz kommt, so liefern sie doch Basisinformationen über die phytopathologischen Folgen der Auskreuzung von Rapsgenen in verwandte Arten.

### **7.6. Wechselwirkungen mit blütenbesuchenden Insekten**

Bienen (*Apidae*) spielen für die Verbreitung von Rapspollen eine große Rolle. Ob es dabei auch zu Wechselwirkungen zwischen dem Pollen und den Mikroorganismen im Darm der Insekten kommt, wird in einem Kooperationsprojekt der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) und der BBA in Kleinmachnow untersucht. Bei dem kürzlich als Teil des Verbundvorhabens „Potenzielle Auswirkungen des Anbaus von transgenem Raps“ begonnenen Forschungsansatz werden verschiedene Bienenarten auf einem Freisetzungsfeld mit gentechnisch verändertem, Basta®-resistentem Raps angesiedelt. Bestimmt werden soll zunächst der Anteil transgener Rapspollen-DNA in den Brut- und Vorratzzellen der Tiere. Zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Basta®-resistenten Keimen im Bienendarm wird die natürliche genetische Vielfalt und die Verbreitung Basta®-resistenter Mikroorganismen im Darm untersucht. Vergleiche der Gensequenzen der natürlichen Darm-Mikroflora auf Sequenzhomologie zum Basta®-Resistenzgen (*pat*) sowie der Nachweis des Verbleibs des rekombinanten *pat*-Gens erlauben darüber hinaus Aussagen über die Wahrscheinlichkeit eines eventuellen Gentransfers im Bienendarm.

### **7.7. Monitoring**

Neben den Projekten der freisetzungsbegleitenden Sicherheitsforschung wurden vor kurzem auch Projekte zum Langzeitmonitoring initiiert. Ein Beispiel ist das vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (StMLU) und dem Umweltbundesamt (UBA) für 4,5 Jahre finanzierte und am Bayerischen Landesamt für Umweltschutz durchgeführte Vorhaben „Langzeitmonitoring möglicher Auswirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen auf Pflanzengesellschaften“, in dem der Raps-Anbau als Beispielszenario ausgewählt wurde. Ziel ist die Beschreibung des Ist-Zustands der im Untersuchungsareal (5.700 Hektar in Niederbayern) vorhandenen Kreuzifereen, wobei neben Artzusammensetzung und Populationsdichte auch das mögliche Vorkommen von Genkonstrukten aus gentechnisch verändertem Raps untersucht werden soll. Ergänzend werden in ausgewählten Biotopen auf Dauerbeobachtungsflächen pflanzensoziologische und Bodenparameter-Erhebungen durchgeführt.

## 7.8. Literaturverzeichnis

1. Hühn, M. und Rakow, G.: Einige experimentelle Ergebnisse zur Fremdbefruchtungsrate bei Winterraps (*Brassica napus oleifera*) in Abhängigkeit von Sorte und Abstand. Z. Pflanzzüchtg. **83** (1979) S. 289-307.
2. Rakow, G. and Woods, D.L.: Outcrossing in rape and mustard under Saskatchewan prairie conditions. Can. J. Plant Sci. **67** (1987) S. 147-151.
3. Pekrun, C., Lutman, P.J.W. and Bäumer, K.: Research on volunteer rape: a review. Pflanzenbauwissenschaften **2** (1998) S. 84-90.
4. Schlink, S.: Überdauerungsvermögen und Dormanz von Rapssamen (*Brassica napus* L.) im Boden. Proceedings EWRS-Symposium Budapest 1995 S. 65-72.
5. Dietz-Pfeilstetter, A., Gland-Zwenger, A. und Garbe, V.: Potential und Bewertung von Auskreuzungen aus gentechnisch verändertem Raps. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. **51** (1999) (1) S. 14-19.
6. Herz, M., Backes, G., Fischbeck, G. und Jahoor, A.: Freisetzungsversuch mit gentechnisch veränderten Pflanzen von Mais und Winterraps auf der Versuchstation Roggenstein der TUM-Weihenstephan. Votr. Pflanzzüchtg. **32** (1998) S. 58-60.
7. Feldmann, S.D., Brandes, S., Pfeilstetter, E., Matzk, A. und Schiemann, J.: Begleituntersuchungen des Landes Niedersachsen zur Freisetzung transgener, herbizid-resistenter Rapspflanzen. Bundesgesundheitsblatt **12** (1998) S. 536-542.
8. Hommel, B. und Pallutt, B.: Bewertung der Herbizidresistenz für den integrierten Pflanzenschutz im System einer 4-feldrigen Fruchtfolge mit Glufosinat-resistentem Raps und Mais. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII (2000) S. 411-420.
9. Dietz-Pfeilstetter, A. und Zwenger, P.: Untersuchungen zur Auskreuzung von Herbizidresistenzgenen beim großflächigen Anbau von Rapspflanzen mit unterschiedlichen Herbizidresistenzen. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtsch. Berlin-Dahlem **376** (2000) S. 460-461.

## 8. Wie verändert sich langfristig die floristische Vielfalt in einer Glufosinat dominierten Fruchtfolge? *Dr.*

*Bernd Hommel und Dr. Bernhard Pallutt,  
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA),  
Institut für integrierten Pflanzenschutz Kleinmachnow,  
Stahnsdorfer Damm 81, 14532 Kleinmachnow,  
Tel.: 033203/ 48-312 , E-Mail: [b.hommel@bba.de](mailto:b.hommel@bba.de)*

### 8.1. Einleitung

Die Zulassung und damit der Anbau gentechnisch veränderter herbizidresistenter Sorten wird für Deutschland in naher Zukunft zuerst für die Kulturen Mais und Raps erwartet. Gentechnisch veränderte Mais- und Rapsorten mit einer Resistenz gegenüber den herbiziden Wirkstoffen Glyphosat oder Glufosinat werden bereits seit 1995 in den USA und Kanada kommerziell angebaut. Im Jahr 2001 erreichte der Anbau von herbizidresistentem Mais und Raps in Nordamerika 3,9 bzw. 2,7 Millionen ha. Hinzu kam bei Mais der Anbau von Sorten mit Herbizid- und Insektenresistenz (ISAAA 2002). Die insgesamt mit herbizidresistenten Kulturen bestellte Fläche (neben Mais und Raps kommen noch Soja und Baumwolle hinzu) betrug im Jahr 2001 rund 41 Millionen ha, das waren 77% der weltweiten Anbaufläche mit gentechnisch veränderten Pflanzen von 52,6 Millionen ha (ISAAA 2002). Im herbizidresistenten Raps in Kanada wurden 1999 und 2000 die Kosten für die chemische Unkrautbekämpfung gegenüber 1997 um 40% reduziert (AG-WEST BIOTECH 2001). Die Firma Monsanto gab für das Jahr 1998 an, dass durch den Anbau von herbizidresistenter Soja eine durchschnittliche Einsparung von 30 US-\$ pro ha zu verzeichnen war (ISB 2002).

Gentechnisch veränderte Pflanzen stehen in Deutschland für den kommerziellen Anbau noch nicht zur Verfügung. Konventioneller Mais und Winterraps wurden in Deutschland im Jahr 2000 auf etwa 1,56 bzw. 1,10 Millionen ha angebaut (INDUSTRIEVERBAND AGRAR 2001). Beide Kulturen gehören neben Getreide und Zuckerrübe zu den umsatzstärksten Kulturen für Pflanzenschutzmittel in Deutschland. In Mais und Winterraps besitzen Herbizide die größte Bedeutung (Tab. 8.1). Herbizide dominieren weltweit in den wichtigsten Kulturen Getreide, Mais, Reis, Soja und Baumwolle, weshalb es nicht überrascht, dass vor allem diese Kulturen Ziel der Herbizidresistenztechnik sind.

Die weltweiten jährlichen Verluste durch Unkräuter werden im Mais auf 13% geschätzt, wobei es vor allem aufgrund unterschiedlicher Pflanzenschutzintensitäten zu erheblichen regionalen Unterschieden kommt (OERKE & STEINER 1996).

*Tabelle 8.1.: Anteile der Produktgruppen für Pflanzenschutzmittel bei den wichtigsten Kulturen in Deutschland im Jahr 2000 (Verbrauchswerte in Millionen EURO; Quelle: INDUSTRIEVERBAND AGRAR 2001)*

Kultur	Herbizide	Fungizide	Insektizide	Summe
Getreide	233	281	11	525
Zuckerrübe	82	4	7	93
Mais	89	0	4	93
Winterraps	82	31	18	131

Mais- und Rapsflächen werden größtenteils innerhalb der ersten Wochen nach der Aussaat mit Herbiziden behandelt. Für die chemische Unkrautbekämpfung stehen in beiden Kulturen über 20 Wirkstoffe zur Verfügung. Die Herbizidanwendungen in Raps werden dominiert von drei Wirkstoffen: Metazachlor, Quinmerac und Clomazone; im Mais sind dies vier Wirkstoffe: Terbutylazin, Nicosulfuron, Bromoxynil und Rimsulfuron (ROSSBERG, pers. Mitt.). Es ist zu erwarten, dass herbizidresistente Sorten die Intensität der chemischen Unkrautbekämpfung in Mais und Winterraps kaum erhöhen. Sie erweitern allerdings die Wirkstoffpalette für den Nachauflauf um die seit langen bekannten Wirkstoffe Glyphosat und Glufosinat. Bereits die in den letzten Jahren zu verzeichnende Zunahme des pfluglosen Anbaus in Deutschland, auch aufgrund von Förderprogrammen einzelner Bundesländer, hat zu einer stärkeren Anwendung von Glyphosat geführt: Von 1993 bis zum Jahr 2000 hat sich die abgegebene Menge an Glyphosat in Deutschland von 1093 t auf 2745 t erhöht (SCHMIDT, pers. Mitt.). Beim Anbau von Glyphosat resistenten Kulturen in pfluglosen Bodenbearbeitungssystemen wird es vermutlich lediglich zu einer Verschiebung der Applikation von der Vorauflauf- zur Nachauflaufanwendung kommen.

Die Herbizidresistenztechnik ist mit Vor- und Nachteilen verbunden, die von Beginn an kontroverse Diskussionen ausgelöst haben (Tab. 8.2.).

Tabelle 8.2.: Erwartete Vor- und Nachteile der Herbizidresistenztechnik

Vorteile	Nachteile
Flexibilität in der Unkrautbekämpfung	Dominanz eines Wirkstoffs
Bekämpfung von Problemunkräutern	Selektion von Problemunkräutern
Resistenzgefahr bei Unkräutern gering	Gentransfer auf Wildpflanzen
Ökotoxikologisches Risiko verringert	Verringerung der Biodiversität
Erosionsminderung	Störung von Nahrungsketten
Optimierung der integrierten Landwirtschaft	Beeinträchtigung des ökologischen Landbaus

Bereits in der Zeit von 1991 bis 1993 erfolgte am Wissenschaftszentrum Berlin ein Verfahren zur Technikfolgenabschätzung für den Anbau von Kulturpflanzen mit gentechnisch erzeugter Herbizidresistenz (VAN DEN DAELE, PÜHLER & SUKOPP 1996). Im Rahmen dieser Studie wurden potenzielle Vor- und Nachteile der Herbizidresistenztechnik gegenübergestellt. Sie können jetzt durch den weltweiten Anbau und den Erfahrungen aus der ökologischen Begleitforschung in Deutschland validiert werden. Viele der angesprochenen Vorteilswirkungen wurden bereits nach wenigen Jahren des Anbaus offensichtlich. Hingegen dürften viele nachteilige Effekte, insbesondere die auf den Naturhaushalt, erst viele Jahre nach Beginn des Anbaus festzustellen sein. Hier setzt die Notwendigkeit eines ökologisch orientierten anbaubegleitenden Monitorings über mehrere Jahre an. Grundlage dieses Monitorings und seiner Ausgestaltung ist die europäische Richtlinie 2001/18/EG vom 12. März 2001 mit dem Anhang II „Grundprinzipien für die Umweltverträglichkeitsprüfung“.

Im Folgenden wird die Hypothese „*Verringerung der Biodiversität*“ anhand der Ackerbegleitflora auf der Grundlage eines seit 1996 laufenden Langzeitversuches diskutiert. Hierbei steht außer Frage, dass eine nachhaltige Verringerung der Artendiversität der Ackerbegleitflora Auswirkungen auf andere Teile und Trophieebenen des Agrarökosystems, z. B. der Fauna, erwarten lässt und damit negativ zu beurteilen wäre.

## 8.2. Material und Methoden

Der Freisetzungsversuch zur Herbizidresistenz befindet sich auf dem 36 ha großen Versuchsfeld der Biologischen Bundesanstalt in Dahnendorf, Land Brandenburg (PALLUTT & HOMMEL 1998, HOMMEL & PALLUTT 2000). Der Versuchsstandort ist ein Sand-Löß-Boden mit etwa 58% Sand, 38% Schluff, 5% Ton und 1,5% Humus. Die

mittlere Bodenzahl beträgt 48. Die langjährigen Mittel für Temperatur und Niederschlag erreichen 8,4 °C bzw. 536 mm.

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt (Abb. 8.1). Die Fruchtfolge beinhaltet Winterraps-Winterroggen-Mais-Winterweizen. Angebaut werden Glufosinat resistenter Mais und Raps (Linie T25 bzw. GS40/90). Die einseitige Anwendung von Glufosinat in der Fruchtfolge wird bewusst provoziert, um Auswirkungen auf die Ackerbegleitflora schneller erkennen zu können. Jedes Fruchtfolgefeld misst 360 m<sup>2</sup>. Die Felder für Mais und Winterraps tragen drei Prüfglieder zu je 120 m<sup>2</sup>, nämlich eine konventionelle Herbizidanwendung (Konv.) und zwei Varianten für die Anwendung des Komplementärherbizids LIBERTY (HR-1, HR-2). Die jährlichen Herbizidstrategien, insbesondere die Aufwandmengen, variieren in Abhängigkeit des Unkrautauflaufs (inkl. des Getreidedurchwuchses), des Kulturpflanzenbestandes und der Witterung. Im Winterraps bleibt fast jedes Jahr eine der zwei für die Anwendung von Glufosinat bestimmten Flächen unbehandelt. Im Mais wurden bis auf das Jahr 2000 stets alle drei Flächen mit Herbiziden behandelt. Die in diesem Jahr ausgelassene Herbizidanwendung auf einer der zwei für Glufosinat vorgesehenen Teilflächen (Feld-1, Fläche 3) diente der Anreicherung des Bodensamenvorrats mit *Chenopodium album*.

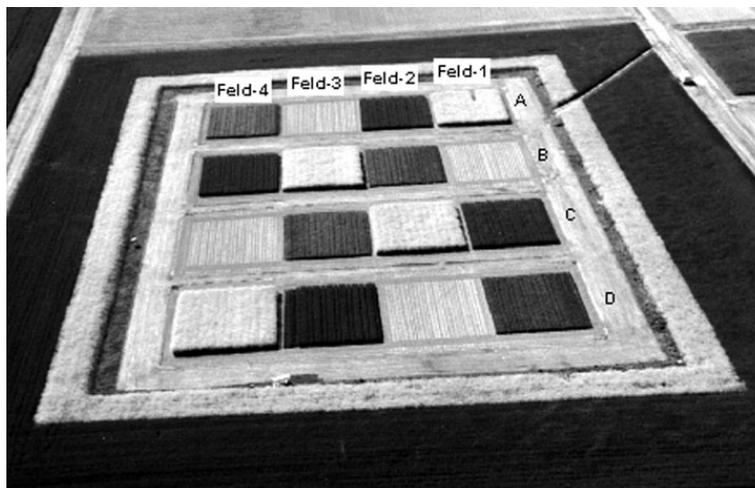


Abbildung 8.1.: Freisetzungsversuch mit herbizidresistentem Mais und Raps im ersten Jahr der zweiten Fruchtfolgerotation im Mai 2001 (Aufn. H. Baier, BBA). (Feld-1: Winterraps, Feld-2: Winterroggen, Feld-3: Mais, Feld-4: Winterweizen; A bis D: Wiederholungen)

In den Komplementärkulturen Winterroggen und -weizen erfolgte eine einheitliche Herbizidanwendung. In Winterroggen wurde seit dem zweiten Versuchsjahr 1997/1998

kein Herbizid mehr angewandt; in Winterweizen fand mit Ausnahme des ersten Anbaujahres stets eine chemische Unkrautbekämpfung statt. Durch die Fruchtfolge und die Gliederung der Mais- und Rapsfelder in drei Teilflächen ergeben sich insgesamt zwölf Teilflächen mit unterschiedlicher Häufigkeit der Anwendung von Glufosinat (Tab. 8.3). In den konventionellen Varianten kamen bisher folgende Herbizide mit meist reduzierter Aufwandmenge zur Anwendung:

- Mais: ZINTAN PACK, ZINTAN flüssig PACK, Gardoprim plus
- Raps: Butisan, Butisan Top, Fusilade ME, Pradone Kombi
- Winterweizen: AZUR, LEXUS CLASS, Husar
- Winterroggen: TOLKAN FOX

Tabelle 8.3.: Intensität der Anwendung von Glufosinat (LIBERTY) auf den zwölf Teilflächen des Versuches (Summe der Jahre 1996/97 bis 2001/02 in l/ha)

Feld	Feld-1			Feld-2			Feld-3			Feld-4		
Teilfläche	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1996/97	Winterraps			Winterroggen			Mais			Winterweizen		
LIBERTY	0	10	4	0	3	7	0	10	9	0	11	10,5

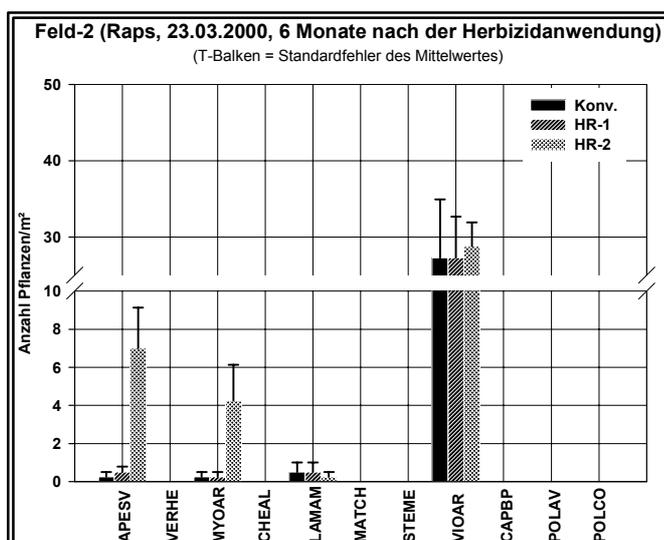
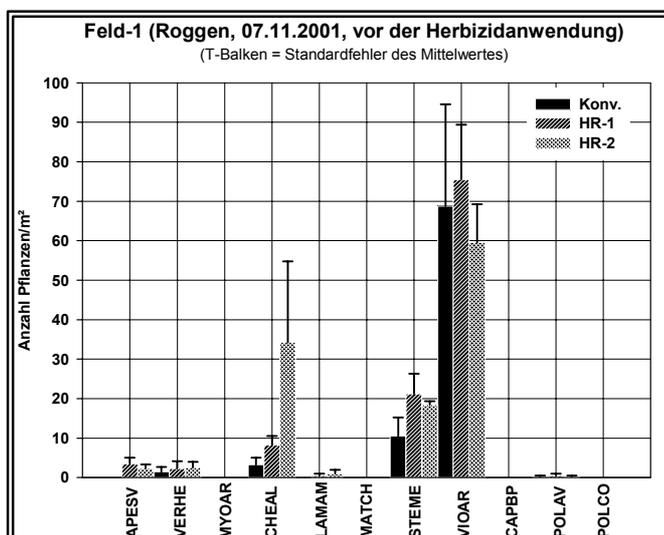
Die Erhebungen zur Ackerbegleitflora umfassen die Arten- und Individuenanzahl pro m<sup>2</sup> und die Schätzung des Deckungsgrades für die dominierenden Arten vor und nach jeder Herbizidanwendung. Diese Untersuchungen werden auf allen zwölf Teilflächen unter Berücksichtigung der Entwicklung der Unkräuter und des Kulturbestandes durchgeführt.

### 8.3. Ergebnisse und Diskussion

Im Langzeitversuch zur Herbizidresistenz (insgesamt 0,567 ha) wurden in Abhängigkeit von der Kulturpflanze und des Boniturtermins zwischen acht und elf Arten der Ackerbegleitflora gezählt. Hierzu gehörten: *Viola arvensis* (BAYER Code System: VIOAR), *Chenopodium album* (CHEAL), *Stellaria media* (STEME), *Matricaria chamomilla* (MATCH), *Veronica hederifolia* (VERHE), *Apera spica-venti* (APESV), *Myosotis arvensis* (MYOAR), *Lamium amplexicaule* (LAMAM), *Capsella burs-pastoris* (CAPBP), *Polygonum aviculare* (POLAV) und *Polygonum convolvulus* (POLCO). Bisher konnten auf den Feldern des gesamten Versuchsfeldes in Dahnsdorf zusammen 33 Arten aufgenommen werden (JÜTTERSONKE, pers. Mitt.). Zum Vergleich wuchsen auf einem 2 m breiten und etwa 500 m langen unbearbeiteten Habitatstreifen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Langzeitversuch 88 Arten (Jüttersonke, pers. Mitt.). Die Ackerfläche des

gesamten Versuchsfeldes (36 ha) und der Habitatstreifen weisen aber nur 16 gemeinsame Arten auf: *Anagallis arvensis*, *Apera spica-venti*, *Aphanes arvensis*, *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*, *Galium aparine*, *Lamium amplexicaule*, *Myosotis arvensis*, *Poa annua*, *Polygonum aviculare*, *Stellaria media*, *Thlaspi arvense*, *Vicia angustifolia*, *Vicia hirsuta*, *Vicia villosa* und *Viola arvensis*. Damit zeigt sich, dass der Anbau von Kulturpflanzen die Diversität der Ackerbegleitflora verringert und durch die Dominanz von wenigen Arten (Leitarten) sie weiter differenziert.

Die mit Abstand individuenreichsten Arten im Versuch sind *Ch. album* und *V. arvensis*, gefolgt von *Polygonum spp.*, *M. arvensis*, *S. media* und *A. spica-venti*. In den folgenden Diagrammen (Abb. 8.2) wurden die Abundanzen der Arten auf den Teilflächen (Konv., HR-1, HR-2) der Felder 1, 2, 3 und 4 verglichen.



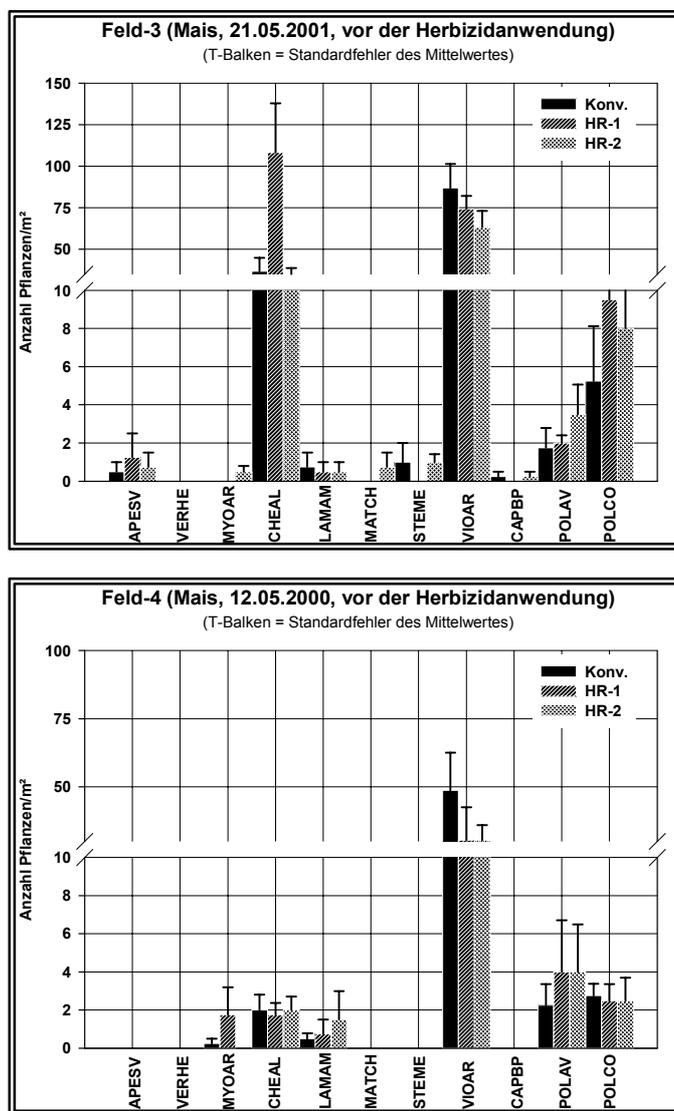


Abbildung 8.2.: Abundanz der Unkrautarten auf den drei Teilflächen der Felder 1, 2, 3 und 4 nach Ende der ersten Fruchtfolgerotation

Auf allen Teilflächen führten bisher die unterschiedlichen Herbizidstrategien zu keinen wesentlichen Veränderungen in der Abundanz bei der individuenreichsten Art *V. arvensis*. Ausschlaggebend hierfür ist auch die ausgeprägte Toleranz von *V. arvensis* gegenüber Glufosinat und den angewandten Herbiziden im konventionellen Raps. *V. arvensis* konnte sich über einen langen Zeitraum im Winterraps entwickeln und damit den Samenvorrat im Boden auffüllen. Im Mais war die Bekämpfung von *V. arvensis* effizienter. In der konventionellen Maisvariante war nach der Herbizidanwendung die Ackerbegleitflora bis zur Ernte stark reduziert. In den Maisvarianten mit Glufosinat reagierten viele Pflanzen von *V. arvensis* auf die Behandlung mit Wachstumsverzögerun-

gen. Im Mais kam es in allen Jahren zum Neuaufbruch von Unkräutern. Dieser Neuaufbruch bestand zum größten Teil aus *Ch. album*.

Die Schwankungen in der Abundanz von *Ch. album* zwischen Teilflächen eines Feldes waren teilweise beträchtlich. Es deutet sich an, dass Flächen mit häufiger Glufosinat-Behandlung zukünftig höhere Abundanzen von *Ch. album* erreichen werden als die konventionell behandelten Flächen. Hauptgrund hierfür ist die Situation im Mais: Die im konventionellen Anbau applizierten Herbizide verhindern aufgrund ihrer größeren Persistenz und Wirkung über den Boden den Neuaufbruch von *Ch. album*, wodurch der Bodensamenvorrat allmählich abnimmt. Auch wenn zukünftig Glufosinat in Mais an zwei Terminen zur Anwendung gelangt, ist mit diesem Neuaufbruch zu rechnen. Auf den Glufosinat dominierten Teilflächen tragen der mit dem Neuaufbruch verbundene Sameneintrag zur Auffüllung des Bodensamenvorrats bei.

Hinsichtlich anderer, weniger individuenreicher Arten wurde beobachtet, dass auf Flächen mit Behandlung von Glufosinat im Raps *A. spica-venti* und im Mais *Polygonum spp.* stärker auftraten, was diese Arten langfristig in ihrem Vorkommen begünstigt. Weiterhin war in den letzten beiden Jahren im Mais herbizidresistenter Raps als Unkraut zu beobachten, der durch die Glufosinat-Anwendung erwartungsgemäß nicht bekämpft werden konnte. Dieser Durchwuchs erhöht zwar die Artendiversität der Ackerbegleitflora, stellt aber gleichzeitig die Unkrautregulierung in herbizidresistenten Kulturen, insbesondere im Mais, vor neue Probleme. In diesem Zusammenhang und hinsichtlich bestehender Wirkungslücken werden für die Praxis auch Mischungen von Glufosinat mit anderen Herbiziden diskutiert (STELLING, SCHULTE & AMANN 2000). Mit dieser Strategie würden Vorteilswirkungen der alleinigen Anwendung von Glufosinat für die Ackerbegleitflora verloren gehen.

Veränderungen in der Ackerbegleitflora laufen unter sehr komplexen Bedingungen ab. Der Einfluss der chemischen Unkrautbekämpfung ist hierbei nur eine Facette. Agrarökosysteme sind dynamische Systeme und charakterisiert durch verschiedene Stufen ihres Managements, sodass Pflanzengesellschaften kontinuierlich zeitlichen und räumlichen Veränderungen unterliegen; Veränderungen, die vor allem durch agronomische, biologische, kulturelle, sozioökonomische und natürliche Faktoren bestimmt werden (ALTIERI & NICHOLLS 1999). Die Intensität der Landbewirtschaftung und ihre Spezialisierung tragen als Haupteinflussgrößen zur Verringerung der Artendiversität bei. Die Diversität der Flora wird im engen Zusammenhang mit der Diversität von Herbivoren und ihren natürlichen Gegenspielern gesehen (ALTIERI & NICHOLLS 1999, DRÖSCHMEISTER 2001). Der Ackerbegleitflora kommt unter diesen Gesichtspunkten eine zweifache Bedeutung zu: Zum einen steht sie in Konkurrenz zur Kulturpflanze, wodurch Bekämpfungsmaßnahmen zur Sicherung von Ertrag und Qualität unumgänglich sind. Zum anderen sind positive Funktionen der Ackerbegleitflora, wie Biodiversität oder Erosionsschutz, erhaltens- und nutzenswerte Ziele, gerade im Sinne einer nachhaltigen Landbewirtschaftung. In diesem Konfliktfeld von *notwendiger* Reduktion und *wünschenswerter* Förderung der Ackerbegleitflora ist der Anbau herbizidresistenter

Kulturpflanzen und die damit verbundene Ausdehnung der Anwendung von Breitbandherbiziden umfassend zu beurteilen.

Unkrautbekämpfungsmaßnahmen, ob mechanisch, physikalisch, biologisch oder chemisch, üben generell einen Selektionsdruck auf die vorhandene Ackerbegleitflora aus. Er nimmt mit der Häufigkeit der Anwendung und dem Wirkungsgrad zu. Dadurch kommt es zu Veränderungen in der Ackerbegleitflora, die sich in der Abundanz der einzelnen Arten, der Artenanzahl, der Artenzusammensetzung und im Bodensamenvorrat widerspiegeln. Neben direkten Maßnahmen der Unkrautbekämpfung wirken aber auch indirekte, wie die Fruchtfolge, Sortenwahl, Düngung oder die Bodenbearbeitung, selektiv auf die Ackerbegleitflora (GRUBER, HÄNDEL & BROSCHEWITZ 2000, STREIT, STAMP & RICHNER 2000, SJURSEN 2001). BECKER (2000) gibt einen Überblick zu Ursachen des Artenrückgangs bei Pflanzen im Agrarökosystem. Herbizide liegen mit 26 betroffenen Arten erst an 7. Stelle. Die Änderung der Nutzung (305 Arten), Aufgabe der Nutzung (284), Entwässerung (201), Bodeneutrophierung (176), Abbau und Abgrabung (163) und Einführung von Neophyten und Exoten (43) führen mit Abstand die Tabelle an.

Der nunmehr sechs Jahre laufende Versuch hat gezeigt, dass das Breitbandherbizid Glufosinat zu keinen Veränderungen in der Diversität und Abundanz der Ackerbegleitflora geführt hat. In Mais bleibt insbesondere aufgrund des Neuaufbaus während der gesamten Vegetation eine mehr oder weniger diverse und individuenreiche Ackerbegleitflora bestehen. Diesbezüglich sind die Maisflächen mit konventioneller Herbizidanwendung deutlich im Nachteil. In Raps blieb bisher der Unterschied in der Ackerbegleitflora zwischen behandelten und unbehandelten Flächen marginal. Während der Maisanbau ohne Unkrautbekämpfung nicht möglich ist, kann in Raps bei geringem Unkrautauftreten und konkurrenzstarkem Bestand auf eine spezielle Unkrautbekämpfung verzichtet werden. Die Entscheidung über die Bekämpfungsnotwendigkeit der Unkräuter kann bei Nutzung der Herbizidresistenz infolge späterer Behandlung wesentlich sicherer getroffen werden. Ein Verzicht auf die Herbizidanwendung hat dann positive Effekte auf die Ackerbegleitflora.

Entscheidend für langfristige Verschiebungen im Artenspektrum der Ackerbegleitflora in einer Glufosinat dominierten Fruchtfolge verglichen mit konventionellen Herbiziden sind folgende Beobachtungen:

- Die fehlende Bodenwirkung von Glufosinat selektiert Arten, die über einen langen Zeitraum oder spät keimen.
- Wirkungslücken von Glufosinat führen zur Selektion von toleranten Arten.
- Herbizidresistenter Ausfallraps wird in anderen Kulturen mit gleicher Herbizidresistenz Teil der Ackerbegleitflora.

Der mögliche Gentransfer von herbizidresistentem Raps auf verwandte Wildarten oder die Selektion herbizidresistenter Biotypen als Folge einer einseitigen Anwendung von

Glufosinat wären weitere, aber eher sehr seltene Ereignisse, die die Ackerbegleitflora nachhaltig verändern können.

#### **8.4. Fazit**

Aus den Ergebnissen des Langzeitversuchs unter besonderer Berücksichtigung der Ackerbegleitflora kann folgendes Fazit gezogen werden:

- Auf Flächen mit intensiver Bewirtschaftung ist die Artendiversität der Ackerbegleitflora im Allgemeinen gering; die Einführung der Herbizidresistenztechnik verschärft diese Problematik kaum.
- Die Applikation von Glufosinat verändert kurzfristig die Individuendichte; längerfristig führt eine einseitige Anwendung zur Selektion wenig sensitiver oder resistenter Arten bzw. Biotypen, wie bei anderen Herbiziden auch.
- Der Anwendung von Glufosinat folgt insbesondere aufgrund der ausschließlichen Blattwirkung ein Neuaufbau der Ackerbegleitflora.
- Die neu etablierte Ackerbegleitflora verbessert die ökologische Situation im herbizidresistenten Mais und Raps. Sie trägt zur Erosionsminderung und zu einer stärkeren Diversität in der Arthropodenfauna bei.
- Für die Bewertung der Herbizidresistenz im Vergleich mit konventionellen Systemen ist nicht der Zustand unmittelbar nach der Herbizidanwendung ausschlaggebend, sondern die sich in beiden Systemen über mehrere Wochen und Monate entwickelnde Ackerbegleitflora.

Zur Validierung ökologischer Effekte müssen größere Zeiträume als die bisher in die Auswertung eingegangenen sechs Jahre eingeplant werden. Der Versuch der BBA in Dahnsdorf ist daher als Langzeitversuch konzipiert. Nach Abschluss der zweiten Fruchtfolgerotation in drei Jahren wird die hier durchgeführte Bewertung erneut vorgenommen.

#### **8.5. Dank**

Ohne die Bereitstellung des herbizidresistenten Saatgutes durch die Züchter und ohne den tatkräftigen Einsatz von Frau Anne-Georgia Metke und von allen Versuchsfeldmitarbeiterinnen und -mitarbeitern wären die umfangreichen Arbeiten nicht möglich gewesen.

#### **8.6. Literatur**

1. AG-WEST BIOTECH: GM Crops Reduce Pesticide Use. AgBiotech Bulletin Canada 9 (2001) 6, S. 1-3.

2. ALTIERI, M.A., C.I. NICHOLLS: Biodiversity, Ecosystem Function, and Insect Pest Management in Agricultural Systems. In: Biodiversity in Agroecosystems, W.E. Collins, C.O. Qualset (Hrsg.), CRC Press, Boca Raton, 1999, S. 69-84.
3. BECKER, H.C.: Einfluss der Pflanzenzüchtung auf die genetische Vielfalt. Schriftenr. Vegetationskunde 32 (2000), S. 87-94.
4. DAELE, W. VAN DEN, A. PÜHLER, H. SUKOPP: Grüne Gentechnik im Widerstreit. Modell einer partizipativen Technikfolgenabschätzung zum Einsatz transgener herbizidresistenter Pflanzen. VCH, New York, Basel, Cambridge, 321 S., 1996.
5. DRÖSCHMEISTER, R.: Bundesweites Naturschutzmonitoring in der „Normallandschaft“ mit der Ökologischen Flächenstichprobe. Natur und Landschaft, 76 (2001), S. 58-69.
6. GRUBER, H., K. HÄNDEL, B. BROSCHEWITZ: Einfluss der Wirtschaftsweise auf die Unkrautflora in Mähdruschfrüchten einer sechsfeldrigen Fruchtfolge. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII (2000), S. 33-40.
7. HOMMEL, B., B. PALLUTT: Bewertung der Herbizidresistenz für den integrierten Pflanzenschutz im System einer 4-feldrigen Fruchtfolge mit Glufosinat-resistentem Raps und Mais. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII (2000), S. 411-420.
8. INDUSTRIEVERBAND AGRAR: Jahresbericht 2000/2001. <http://www.iva.de>
9. ISAAA: Global GM Crop Area Continues to Grow and Exceeds 50 million Hectares for First Time in 2001. [http://www.isaaa.org/press %20release](http://www.isaaa.org/press%20release)
10. ISB: Zahlen aus der Biotechnologie 2002. <http://www.i-s-b.net/zahlen.htm>
11. OERKE, E.-CH., U. STEINER: Ertragsverluste und Pflanzenschutz. Die Anbausituation für die wirtschaftlich wichtigsten Kulturpflanzen. Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft, Band 6, 165 S., 1996.
12. PALLUTT, B., B. HOMMEL: Konzept und erste Ergebnisse zur Bewertung von Glufosinat tolerantem Raps und Mais im Rahmen einer 4-feldrigen Fruchtfolge. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVI (1998), S. 427-433.
13. SJURSEN, H.: Change of the Weed Seed Bank during the First Complete Six-Course Crop Rotation after Conversion from Conventional to Organic Farming. Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 19 (2001), S. 71-90.
14. STELLING, D., M. SCHULTE, A. AMANN: Strategien der Unkrautbekämpfung mit Liberty® in LibertyLink® Mais. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- Forstwirtsch. 376 (2000), S. 154-155.
15. STREIT B., P. STAMP, W. RICHNER: Einfluss von unterschiedlicher Bodenbearbeitungsintensität auf die Entwicklung von Unkrautpopulationen in Ackerkulturen. Z. PflKrankh. PflSchutz, Sonderh. XVII (2000), S. 41-46.

## 9. Reflektion der bestehenden Sicherheitsforschung und des Monitorings am Beispiel Bt-Mais

Prof. Dr. Ingolf Schuphan, Dr. Achim Gathmann, Rene Mause, Thomas Mücher, Dr. Martina Roß-Nickoll, Christiane Saeglitz, Andreas Toschki, PD Dr. Detlef Bartsch, Lehrstuhl für Biologie V (Ökologie, Ökotoxikologie, Ökochemie), Rheinisch-Westfälische-Technische-Hochschule Aachen, Worringerweg 1, D-52056 Aachen, Tel.: 0241/ 80-2 66 77, E-Mail: schuphan@bio5.rwth-aachen.de

### 9.1. Einführung

Die ökologische Sicherheitsforschung beschäftigt sich mit dem Umweltverhalten von gentechnisch veränderten Organismen (GVO). Im Falle des Bt-Mais, der insektenspe-

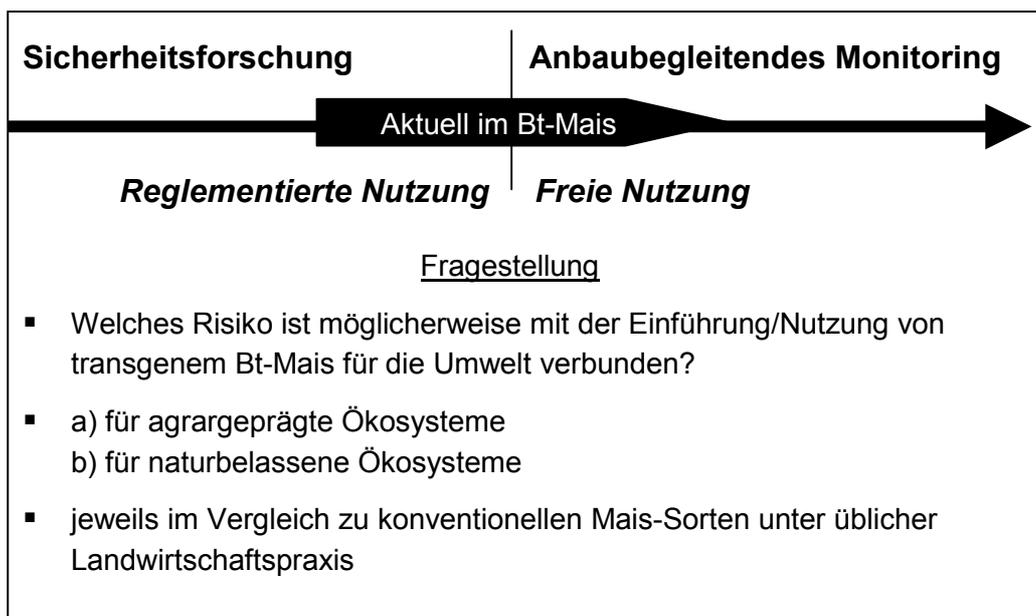


Abbildung 9.1.: Definitionen und Fragestellung: Sicherheitsforschung im engeren Sinne findet vor der kommerziellen Nutzung von GVO statt, während Monitoring nach einer Freigabe erfolgt. Bt-Mais- Forschung findet aktuell im Übergangsbereich zwischen beiden Formen statt, da die gentechnikrechtliche Freigabe für bestimmte Konstrukte inzwischen erfolgt ist. Mit Ausnahme von Bt176-Sorten in Spanien fehlt noch die sortenrechtliche Zulassung<sup>1</sup>.

<sup>1</sup><http://www.rki.de/GENTEC/GENTEC.HTM>;  
[http://www.bundessortenamt.de/internet20/aktuelles/presse/gen\\_mais2000\\_02\\_17.htm](http://www.bundessortenamt.de/internet20/aktuelles/presse/gen_mais2000_02_17.htm)

zifische Toxine aus *Bacillus thuringiensis* exprimiert, werden umfangreiche Forschungsvorhaben in Deutschland, Europa, USA und Kanada durchgeführt (Bartsch & Schuphan 2002). Aufgrund der inzwischen erfolgten gentechnikrechtlichen Freigabe von zwei Transformationsereignissen (Bt176 und Mon810) in Europa handelt es sich definitionsgemäß um ein anbaubegleitendes Monitoring (Abb. 9.1).

## 9.2. Untersuchungsgebiete

Bei unserer Reflektion beschränken wir uns auf die potenziellen Risiken und klammern die Betrachtung der neuartigen Chancen aus. Eine Übersicht über Kosten-Nutzen-Analysen bieten Shelton et al. (2002).

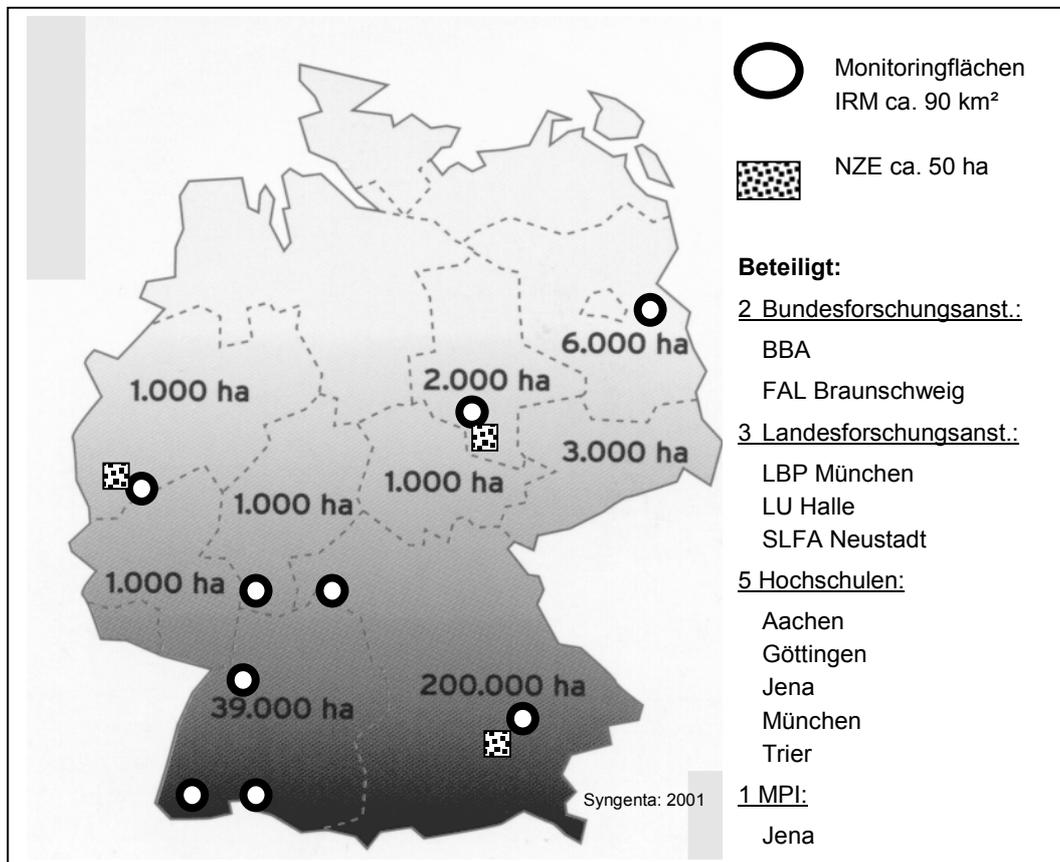


Abbildung 9.2.: Maiszünslerbefall in Deutschland: Flächen je Bundesland und Standorte des Bt-Mais-Monitoring (IRM = Insekten-Resistenz-Management, NZE = Nicht-Ziel-Effekte, Abkürzungen und Anschriften der beteiligten Forschungsinstitutionen siehe Fußnote<sup>2</sup>)

<sup>2</sup>[http://www.rwth-aachen.de/bio5/Ww/is\\_dt-homepage/is\\_forschung/is\\_koordination\\_/is\\_koordination\\_.html](http://www.rwth-aachen.de/bio5/Ww/is_dt-homepage/is_forschung/is_koordination_/is_koordination_.html)

Es gilt zwei Risiko-Komponenten zu erfassen: Erstens die Exposition (Ort und Zeit des Auftretens von Bt-Toxin und möglichen Nicht-Zielorganismen in der Umwelt, vgl. Abb. 9.4) und zweitens mögliche Effekte (Wirkungsbeziehungen auf Organismen und Umwelt). In Deutschland wird eine vergleichende ökologische Sicherheitsforschung auf Versuchsflächen mit einer geschätzten Gesamtgröße von mindestens 50 ha (davon auf ca. 15 ha transgene Sorten) in Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Bayern durchgeführt (Stand 2001, Abb. 9.2). Eine unabhängige Finanzierung wird überwiegend aus öffentlichen Mitteln des BMBF, des BMU und des Landes Bayern sichergestellt.

Die Forschung konzentriert sich aus zwei Gründen auf Agrarökosysteme. Ein signifikanter Einfluss von Bt-Mais auf andere Naturräume ist nicht zu erwarten, da kreuzbare Wildpflanzen fehlen und Maispollen aufgrund seiner Flugeigenschaften überwiegend im Feld und im angrenzenden Ackerrandstreifen verbleibt. Zwei Fragestellungen stehen im Mittelpunkt der Untersuchungen: 1. Sind besondere Effekte auf die Biozönose (Bodenmikroorganismen, Nematoden und Arthropoden) durch Bt-Maisanbau zu erkennen? und 2. Kann das Bt-Toxin-Wirkungsprinzip nachhaltig im Bt-Mais erhalten werden, ohne dass es zu vorzeitigen Resistenzentwicklungen bei Schaderregern (Maiszünsler) kommt? Eine Übersicht über die adressierten Organismengruppen in den Forschungsverbänden ist in Abb. 9.3 dargestellt.

Die im transgenen Bt-Mais exprimierten Cry1a-Toxine wirken sehr spezifisch gegen Lepidopteren. Aus der Forschung zu Nebeneffekten der Anwendung von bioziden Bt-Präparaten sind umfangreiche Datensätze zu potenziellen Nicht-Ziel-Effekten bekannt (Glare & Callaghan 2000). Ebenso liegen umfangreiche Konzepte zum Management von Schädlingsresistenzen aus den USA vor (Siegfried 2000). Allerdings sind diese Untersuchungen nicht unmittelbar auf hohe und permanente Bt-Verfügbarkeit in transgenen Pflanzen und unter europäischen Umweltbedingungen übertragbar. Nicht-Ziel-Effekte (Fragestellung 1) werden auf Maisflächen und deren Randstreifen mit konventionellen Sorten als Referenz untersucht. Alle Flächen werden konventionell unter guter landwirtschaftlicher Praxis bewirtschaftet, da der organische Landbau Bt-Maissorten in der Praxis nicht zulässt und somit entsprechende Vermarktungsmöglichkeiten fehlen. In Europa gibt es bislang nur in Spanien erste Erfahrungen zum Resistenz-Monitoring im Bt-Mais (Fragestellung 2), wo seit 1999 auf etwa 22.000 ha transgener Bt-Mais (event Bt176) angebaut wird<sup>3</sup>. Ein Trend zur Resistenzentwicklung ist bisher nicht beobachtet worden. In Deutschland wird ein entsprechendes Monitoring-Programm von zwei Institutionen (BBA Darmstadt und RWTH Aachen) mit acht geographisch unterschiedlichen Maiszünslerpopulationen aus Nordrhein-Westfalen, Hessen, Baden-Württemberg, Bayern und Brandenburg entwickelt.

---

<sup>3</sup> ([http://www.rki.de/GENTEC/FORUM/FS3\\_3E.HTM](http://www.rki.de/GENTEC/FORUM/FS3_3E.HTM))

Organismen	BMBF-11Gr.	Bayern-8Gr.	EU-5Gr.	
<u>Hypergaion</u>				Zusätzlich in der BMBF-11 Gr.: Fusarien-Toxine Bt-Carry-over im Tier
Lepidoptera	X	X	X	
Thysanoptera	X		X	
Aphidae	X	X	X	
Aphidophaga	X	X	X	
Apidae	X	X	X	
Syrphidae	X		X	
Chrysopidae			X	
<u>Epigaion</u>				
Araneae	X		X	
Carabidae	X			
<u>Edaphon</u>				
Collembola	X		X	
Nematoda			X	
Annelidae	X		X	
Bodenmikroben	X		X	
Bt-Toxin Stabil.	X			
Bt-Toxin Bindung	X			
(Gr. = Forschergruppen, EU-Gr. = EU Forschungskonsortium unter der Leitung von Ruud de Maagd) <sup>4</sup>				

Abbildung 9.3.: In den Bt-Verbänden adressierte Organismen

### 9.3. Erste Ergebnisse und Reflektionen

Die meisten Untersuchungen haben erst 2001 begonnen. Ein erster Trend zeigt, dass – ähnlich wie in den USA und Kanada nachgewiesen (Abb. 9.4) – nur Nebeneffekte auf Nichtziel-Lepidopteren durch pollenspezifische cry1Ab-Toxin-Expimierung der Bt176-Maissorten auftreten. Erste deutsche Untersuchungen liegen von Felke & Langenbruch (2002) vor. Expositionsdaten für Nicht-Zielorganismen in Deutschland liegen für die Bt176-Sorten noch unvollständig vor. Theoretisch könnten 95 von bundesweit etwa 1400 Lepidopterenarten mit Bt176-Pollen während ihrer Larvalentwicklung in Kontakt kommen (Bartsch & Schmitz, 2002). Für ein praktikables fallspezifisches Monitoring erscheint eine Auswahl von ein bis fünf dieser Arten als Indikatoren notwendig, allerdings ist eine angemessene Repräsentativität von Bedeutung (z. B. Pretschner 1998).

<sup>4</sup> <http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-08-project.html>

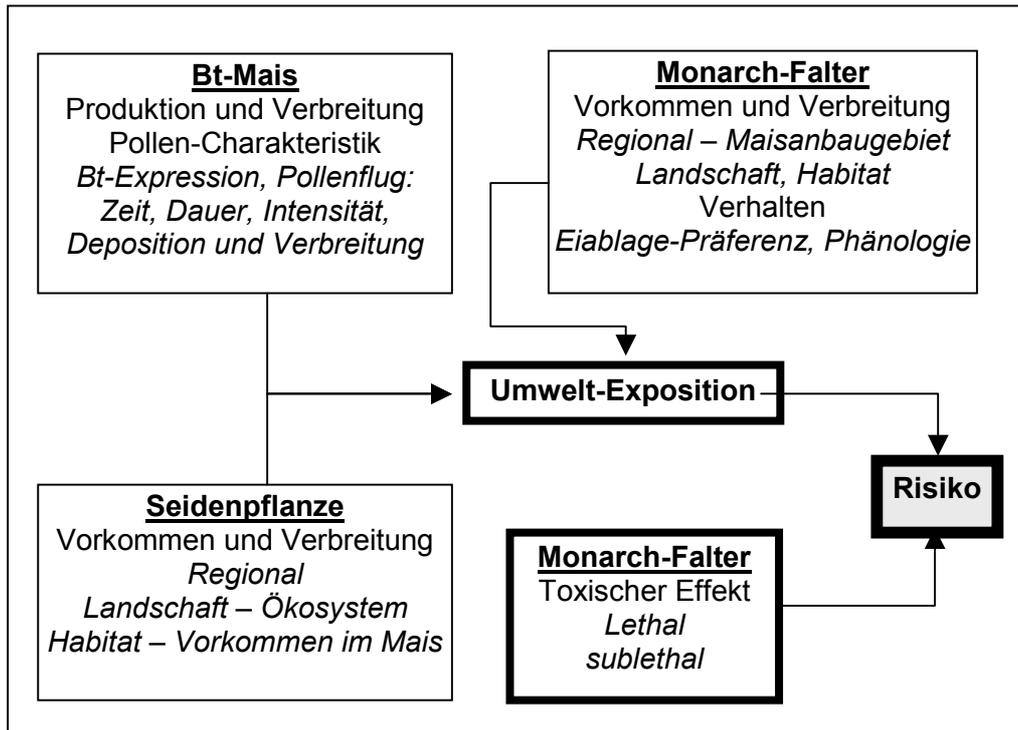


Abbildung 9.4.: Modell der Risikobewertung: Effekt von Bt-Maispollen auf Monarchfalter (nach Sears et al. 2001)



Abbildung 9.5.: Versuchsfeld im Oderbruch mit Maiszünslerbefall: Links unbefallene transgene Pflanzen, rechts die befallene konventionelle Vergleichsvariante. Deutlich zu sehen ist, dass allein aufgrund der Schädlingbefallssituation eine ungleichmäßige Maisentwicklung auftritt, die auf sehr kleinem Raum zu mikroklimatischen Unterschieden am Boden führt. Bereits diese Unterschiede können Auswirkungen auf die Biozönose haben, ohne dass ein toxischer Effekt des Bt-Proteins auf Nichtziel-Organismen vorliegen muss (Foto: N. Müllleder).

Es wird zu klären sein, ob euryöke oder eher stenöke Arten besser als Indikatoren für die spezifischen Bedingungen in Maisfeld-Habitaten (Abb. 9.5) geeignet sind. Mit einem flächendeckenden Anbau der Bt176-Sorten ist in Deutschland nicht zu rechnen, da die in diesem Transformationsereignis zusätzlich enthaltene Antibiotikaresistenz nach der neuen EU-Richtlinie 18-2001-EU nur eingeschränkt zugelassen bleibt. In Zukunft werden nach gegenwärtigem Stand nur Sorten mit geringer cry1Ab-Expression im Pollen zur Anwendung kommen. Erste Ansätze und Ziele für ein Monitoring sind in Abb. 9.6 aufgelistet. Ökonomie- und Naturschutzaspekte werden bei der Auswahl von Schutzzielen mit zu berücksichtigen sein (Bartsch 1992, 2001).

Für ein allgemeines Monitoring („general surveillance“ nach Richtlinie 18-2001-EU) können gentechnikspezifische Einflüsse auf die Umwelt nur dann kausal erfasst werden, wenn „gentechnikfreie“ Referenzflächen im gleichen Landschaftsraum und landwirtschaftlichen Betriebsstrukturen liegen, damit – als wissenschaftstheoretische Mindestanforderung – klimatische, geographische und anbautechnische Randbedingungen vergleichbar sind.

#### **Denkbare Ansätze in Richtung eines Bt-Mais Monitorings**

1. Monitoring von Bodenparametern, falls unerwünschte Effekte nachweisbar
  - Toxin
2. Monitoring von geeigneten Indikatoren, falls Effekte nachgewiesen, und zwar im
  - Hypergaion
  - Epigaion
  - Edaphon
3. Monitoring von Parametern in Agrozönosen mit den Schutzzielen des Erhalts von
  - Naturraumfunktion
  - Bodenfruchtbarkeit
  - Wasserqualität

Ziel: **Kausal-analytisches Monitoring**

*Abbildung 9.6.: Ansätze und Ziele des Bt-Mais Monitorings: Die Punkte 1 und 2 sind eher fallspezifisch, während Punkt 3 zum allgemeinen Umweltmonitoring gehört.*

Gegenwärtig werden an der BBA und der RWTH wissenschaftliche Projekte durchgeführt, um die Grundlagen zu erarbeiten für ein möglicherweise Deutschland spezifisches Insektenresistenz-Management. Denn neben der Vermeidung von unerwünschten Wirkungen auf Nicht-Zielorganismen gilt es, das Wirkprinzip des Bt-Toxins gegenüber dem Maiszünsler nachhaltig zu sichern (Abb. 9.7). Gegenwärtig gibt es erste ge-

sicherte Daten aus den BMBF-Projekten zum Suszeptibilitätsniveau des Maiszünslers. Aus französischen Untersuchungen (Bourguet et al. 2000a,b) ist inzwischen bekannt, dass der genetische Austausch zwischen den Schädlingpopulationen hoch zu sein scheint, was eine wichtige Voraussetzung für die gegenwärtig favorisierte „high-dose - refuge“ - Strategie eines Insekten-Resistenz-Managements ist. Des Weiteren gibt es Hinweise, dass die Allelfrequenz von Bt-Resistenzgenen in europäischen Maiszünslerpopulationen gering ist und in die Management-Strategie passen würde.

### **Insektenresistenz-Management**

Nötige Kenntnisse zum Erhalt des Bt-Wirkprinzips:

- Suszeptibilitätsniveau Maiszünsler
- Genetischer Austausch zwischen Populationen
- Ermittlung der Allelfrequenz des Bt-Resistenzgens
- Erstellung eines Managementplans
- Aufbau eines Resistenz-Schnelltests

*Abbildung 9.7.: Fragestellungen für den Erhalt des Bt-Toxin-Wirkprinzips. In Deutschland werden zurzeit Vorarbeiten an der BBA Braunschweig und der RWTH Aachen durchgeführt*

## **9.4. Zusammenfassung**

Die Sicherheitsforschung und das anbaubegleitende Monitoring müssen auf lokaler Ebene biozönotisch-ökosystemare Ansätze verfolgen. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen sollen Kriterien für ein flächendeckendes Monitoring abgeleitet werden. Gegenwärtig existieren erste Konzepte für geeignete Flächen und Indikatoren. Ein Langzeitmonitoring erfordert kausal-analytische Ansätze: Die möglicherweise auftretenden Umweltveränderungen müssen auf die Wirkung von GVO zurückführbar sein. Dieser Ansatz erfordert Vergleichsflächen ohne GVO im gleichen Naturraum, in unmittelbarer Nähe und mit vergleichbarer landwirtschaftlicher Nutzung. Ein Monitoring sollte Schutzziel orientiert sein und aus Kostengründen lokale Netzwerke nutzen.

## **9.5. Literatur**

1. Bartsch, D. (1992) Ermittlung und Bewertung des ökologischen Risikos bei Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* (München-Weinstephan), **21**, S. 357-362.

2. Bartsch, D. (2001) Umweltfolgewirkungen des großflächigen Anbaus transgener Pflanzen und deren Bewertung. In: Lemke, M., Winter, G. (eds.) Bewertung von Umweltwirkungen von gentechnisch veränderten Organismen im Zusammenhang mit naturschutzbezogenen Fragestellungen. Umweltbundesamt – Berichte 3-01. E- rich Schmidt Verlag Berlin, S. 145-163
3. Bartsch, D, Schmitz, G. (2002) Recent experience with biosafety research and role of post-market environmental monitoring in risk management of plant biotechnology derived crops. In: J. Thomas and R. Fuchs (eds.) Biotechnology and Safety Assessment 3<sup>rd</sup> Edition. Academic Press, in press.
4. Bartsch, D., Schuphan, I. (2002) Lessons we can learn from ecological biosafety research. *Journal of Biotechnology*, in press.
5. Bourguet, D., Bethenod, M.T., Trouve, C. (2000a) Host-plant diversity of the European corn borer *Ostrinia nubilalis*: what value for sustainable transgenic insecticidal Bt maize, *Proc R. Soc Lond. B* **267**, S. 1177-1184.
6. Bourguet, D., Bethenod, M.T., Pasteur, N., Viard, F., (2000b) Gene flow in the European corn borer *Ostrinia nubilalis*: implications for the sustainability of transgenic insecticidal maize *Proc R. Soc Lond. B* **267**, S. 1-6.
7. Glare, T.R., O’Callaghan, M. (2000) *Bacillus thuringiensis*, Biology, Ecology and Safety. John Wiley & Sons LTD, Chichester 350 p.
8. Felke, M., Langenbruch, G.A. (2001) Gefährdet Bt- Pollen Schmetterlinge? *Gesunde Pflanzen* **53**, S. 24-28.
9. Pretscher, P. (1998) Rote Liste der Großschmetterlinge (Macrolepidoptera) *Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz* (Bonn) **55**, S. 87-111.
10. Sears, M. K., Hellmich, R. L., Stanley-Horn, D. E., Oberhauser, K. S., Pleasants, J. M., Mattila, H. R., Siegfried, B. D., and Dively, G. P. (2001) Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **98**, S. 11937-11942.
11. Shelton, A., Zhao, J., Roush, R. (2002) Economic, ecological, food safety, and social consequences of the deployment of Bt transgenic plants. *Annual Rev Entomology* **47**, S. 845-881.
12. Siegfried, B. D. (2000) Bt transgenic plants for pest management – challenges and opportunities. In: “Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on the Biosafety of Genetically Modified Organisms, July 2000, Saskatoon, Canada” (Fairbairn, C., Scoles, G. and McHughen, A. Eds.) p. 113-119, Saskatoon.

## 10. Arthropodengesellschaften in Maisbeständen und ihre trophischen Interaktionen

*Dr. agr.habil. Bernd Freier,  
Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft,  
Institut für integrierten Pflanzenschutz, Stahnsdorfer Damm 81,  
D-14532 Kleinmachnow, Tel.: 033203/ 48-322  
E-Mail: [b.freier@bba.de](mailto:b.freier@bba.de)*

### 10.1. Einleitung

Noch bis vor wenigen Jahren haben sich die Entomologen vorrangig mit dem Maiszünsler (*Ostrinia nubilalis*) und seiner biologischen Bekämpfung mit *Trichogramma*-Eiparasiten beschäftigt (Rost 1997, Hassan 1998, Langenbruch 2001, ). Außerdem fanden die Blattläuse, die an Mais immer wieder häufig vorkommen, und ihre natürlichen Gegenspieler Aufmerksamkeit (Ohnesorge 1988, Katz 1993, Asis und Pons 1998). Die Arthropodenfauna darüber hinaus war kaum von Interesse. Erst mit dem Anbau von gentechnisch verändertem Mais, sei es Mais mit Herbizidresistenz oder Bt-Mais, und den damit in Verbindung stehenden Fragen nach Auswirkungen auf den Naturhaushalt stand nunmehr die gesamte Arthropodengesellschaft im Blickfeld der Ökologen.

Nachfolgend soll ein Überblick über die Arthropodengesellschaft in Maisbeständen unter besonderer Berücksichtigung der trophischen Ebenen und Interaktionen gegeben werden. Es wurden Datenquellen aus der Literatur und vor allem Ergebnisse von Feldstudien, die unter der Leitung des Autors an zwei Standorten in Deutschland durchgeführt wurden, genutzt, nämlich die aus dem : Jahre 2000 im Oderbruch und bei Halle und im Jahre 2001 im Oderbruch. An diesen Untersuchungen beteiligten sich folgende Wissenschaftler: B. Freier, N. Kalthoff, T. Kreuter, C. Volkmar, A. Stark und B. Hommel.

Abbildung 10.1 veranschaulicht die Eingruppierung der Arthropoden, die auf Maisfeldern vorkommen können, nach ihren wesentlichen trophischen Merkmalen. Der nachfolgende Überblick folgt dieser Einteilung und einer weitergehenden Untersetzung, sodass die Wahrscheinlichkeiten des Kontaktes der Arthropoden mit dem Bt-Toxin (Cry1Ab-Protein) oder der Aufnahme des Bt-Toxins sehr spezifisch betrachtet werden können.



dehähnchen (Chrysomelidae, *Oulema melanopus*, *O. gallaeciana*), sowohl Imagines als auch Larven. Sie treten zwischen Mai und Juli auf. Zudem kommen an den Maispflanzen zur gleichen Zeit Erdflöhe (Chrysomelidae, Alticinae, *Phyllotreta vittula* u. a.) vor, die als Imagines an den Blättern nagen. Die Larven leben auf dem oder im Boden, sie fressen an Wurzeln oder ernähren sich saprophytisch. Im Maisfeld findet man aber auch viele Arten, die mit Maispflanzen nicht in trophischer Beziehung stehen, sie sind dort geschlüpft und verlassen das Feld auf der Suche nach „ihren“ Pflanzen.

### **10.2.2. Fresser an Wurzeln und Sprossen**

Arthropoden, die an den Wurzeln und unteren Sprossbereichen fressen, nehmen mit der Nahrung auch das Bt-Toxin auf. Hierzu zählen die Drahtwürmer, also die Larven der Schnellkäfer (Elateridae, z. B. *Agriotes*-Arten), die in der gesamten Wachstumsperiode aktiv sind und lokal in Maisfeldern in Erscheinung treten können. Die Imagines, die im Juni und Juli beobachtet werden, konsumieren gelegentlich auch mal zarte Teile der Maispflanzen. Erdruppen sind die Larven einiger Schmetterlingseulen (Noctuidae, *Agrotis segetum*, *A. ipsilon* u.a.), die in bestimmten Jahren lokal auch in Maisfeldern stark auftreten und aufgrund ihrer Bt-Toxin-Empfindlichkeit besondere Beachtung verdienen. Sie sind zwischen Juni und Oktober aktiv. Die Falter haben keine trophische Beziehung zu Mais.

### **10.2.3. Pollenkonsumenten**

Wenn Pollen das Bt-Toxin enthält, wird es von den Pollenkonsumenten aufgenommen. Bienen, vor allem die Honigbiene (Apidae, *Apis mellifera*), seltener andere Arten, wie z. B. die Furchenbiene (*Lasioglossum malachurum*), sind während der Blüte in Maisbeständen präsent (Kohl 1993). Eine Abhängigkeit von Maispollen existiert nicht. Die Honigbiene fliegt aber auch später nach der Blüte in die Maisbestände, wenn bei starkem Blattlausbefall viel Honigtau zur Verfügung steht. Verschiedene Wanzen (Anthocoridae, *Orius*-Arten), Imagines und Larven nehmen neben tierischer Nahrung auch Pollen auf. An Mais erscheinen sie Juni bis September und sind eigentlich immer präsent.

### **10.2.4. Pflanzensaftsauger**

Die wichtigsten Vertreter der Pflanzensaftsauger sind Blattläuse (Aphidina, *Metopolophium dirhodum*, *Rhopalosiphum padi*, seltener *Sitobion avenae* und *R. maidis*). Die gleichen Spezies besiedeln die Getreidearten. Wahrscheinlich kommen sie an Bt-Mais mit dem Toxin in Kontakt, können es aber nicht aufnehmen. An Mais vermehren sich die Blattläuse zwischen Juni und September, wobei extreme Dichteschwankungen registriert werden. Blattläuse sind an Mais die Arthropoden mit den höchsten Abundanz, denn es können mehrere Tausend Individuen pro Pflanze gezählt werden, was allerdings nur einer Biomasse von einigen Gramm entspricht. Blattläuse beleben das Vorkommen ihrer Antagonisten und vieler anderer Arthropoden in Maisfeldern. Aller-

dings scheinen die Gegenspieler den Befall nicht so gut zu kontrollieren wie im Weizen. Feldstudien in Weizen und Computersimulationen zeigen, dass ca. fünf Prädatorreinheiten pro m<sup>2</sup> den Blattlausbefall auf einem Niveau von 3000 Blattläuse/m<sup>2</sup> unter Kontrolle zu halten vermögen. Nimmt man an Mais, wie den im Spätsommer 2000 real gemessenen, ein mittleres Blattlausauftreten von 1.700 Blattläusen pro Pflanze an (Leopold und Vidal 2001), d. h. bei acht Pflanzen pro m<sup>2</sup> 13.600 Blattläuse pro m<sup>2</sup>, wären >20 Prädatoren pro m<sup>2</sup> notwendig, um den Befall zu kontrollieren.

Zikaden (Cikadina, *Macrosteles laevis* u. a.), sowohl Larven als auch Imagines kommen an Mais häufig vor. Die kleinen Arten sind Parenchymsauger, die größeren Arten Phloemsauger. Man findet sie während der gesamten Vegetation. An Mais treten während der Vegetation auch viele pflanzensaftsaugende Wanzen auf (Miridae, z. B. *Lygus rugulipennis* u. a. *Lygus*-Arten, *Trigonotylus caelestianlium*, *Stenodema laevigatum*) als Larven und Imagines. Es handelt sich dabei zumeist um Parenchymsauger. Thripse (Thysanoptera, *Franklinella tenuicornis* u. a.) sind neben den Blattläusen die häufigsten Arthropoden an Mais, wobei in der Saison ca. 100 Individuen pro Pflanze erreicht werden. Die Larven und Imagines sind Parenchymsauger.

### 10.3. Karnivore Arthropoden

Hierzu zählen prädatorisch und parasitisch lebende Arthropoden, die an Bt-Mais das Bt-Toxin nur indirekt über ihre Beute bzw. Wirte aufnehmen können.

#### 10.3.1. Episiten, die Blattläuse bevorzugen

Verschiedene Marienkäferarten (Coccinellidae, *Coccinella 7-punctata*, *Propylea 14-punctata*, *Adalia 2-punctata*, *Coccinula 14-postulata*, *Tytthaspis 17-punctata*, *Hippodamia 13-punctata* u. a.) treten als Blattlausräuber während der gesamten Vegetation (Imagines) bzw. zeitlich begrenzt (Larven) auf. Einige Arten (z. B. *Coccinella 7-punctata*) sind in der Lage, auch Pollen und Pilzsporen zu konsumieren. Schwebfliegen (Syrphidae, *Episyrphus balteatus*, *Sphaerophoria scripta* u. a.) erscheinen als Nektarkonsumenten im Maisfeld, um ihre Eier in Blattlauskolonien zu legen, oder nach ihrem Schlupf, um wieder herauszufliegen. Je höher der Blattlausbefall desto mehr Larven erscheinen im Juni bis August. Florfliegen (Chrysopidae, insbesondere *Chrysopa carnea*) sind an Mais häufig. Man findet zwischen Juni und August sowohl die Larven, die Blattläuse bevorzugen, als auch die Imagines, die vor allem Nektar, aber auch Blattläuse fressen.

#### 10.3.2. Epigäische Raubarthropoden

Im Mais treten die polyphagen zumeist räuberisch lebenden Laufkäfer als typische Ackerstandortgesellschaft auf (Carabidae, viele Arten, z. B. *Pseudoophonus rufipes*, *Anchomenus dorsalis*, *Poecilus cupreus*, *Carabus auratus*, *Zabrus tenebrioides*, *Pterostichus melanarius*, *Calathus fuscipes*, *Loricera pilicornis* und *Amara consularis*. Die

einzelnen Arten verdienen besondere Aufmerksamkeit, da einige Spezies auch bzw. sogar überwiegend herbivor leben, z. B. *Zabrus tenebrioides*. Neben den Kurzflüglern (Staphylinidae, mehrere Arten), die wie die Laufkäfer als Imagines und Larven überwiegend räuberisch leben, treten in Maisfeldern während der gesamten Saison auch zahlreiche Spinnen auf dem Boden auf (Araneae, insbesondere Arten der Linyphiidae und Lycosidae, z. B. *Oedothorax apicatus*, *Erigone atra* und *E. dentipalpis*). Es handelt sich dabei um typische Ackerstandortgesellschaften.

### **10.3.3. Andere Raubarthropoden**

Spinnen leben nicht nur am Boden, sondern auch in der Vegetationsschicht an den Maispflanzen (Araneae, Theridiidae, z. B. *Theridion impressum*, Tetratagnathidae, z. B. *Pachygnatha degeeri*, u. a. Arten), wo man sie während der gesamten Vegetation beobachten kann. Auch räuberische Fliegen sind in der Vegetationsschicht relativ häufig. Arten der Dolichopoidae, z. B. *Sciabus longulus*, *Chrysotus cupreus* (Beute: Thripse, Blattläuse), Arten der Hypotidae z. B. *Platypalpus infectus*, und weiterhin Arten der Empididae. Sie fliegen zwischen Juni und September. Die Larven leben im Boden und haben Kontakt mit Wurzeln und vor allem mit totem Maispflanzengewebe.

### **10.3.4. Parasitische Arthropoden**

Im Mais lassen sich zwischen Juni und August sehr viele Arten unterschiedlichster Familien der Division Parasitica nachweisen, besonders häufig Arten aus der Familie Aphidiidae, die Blattläuse parasitieren, d. h. die Larven leben in den Blattläusen. Die Imagines ernähren sich hingegen von Nektar, tierischen Körpersäften (host feeding) u. a. Medien. Arten der Gattung *Trichogramma*, die die Eigelege des Maiszünslers parasitieren können und im Rahmen der biologischen Bekämpfung in die Maisbestände eingebracht werden, treten selten auf.

## **10.4. Polyphage herbivore/karnivore Arthropoden**

Insekten mit teilweiser herbivorer Lebensweise, können, wenn sie in Bt-Mais vorkommen, direkt mit dem Toxin in Kontakt kommen oder es mit der Nahrung aufnehmen. Hierzu zählen einige Wanzenarten (*Orius* spp. u. a.), die als Larve und Imago neben tierischer Nahrung auch Pollen aufnehmen. Im Mais sind sie zwischen Juni und September in relativ hohen Dichten präsent. Auch der gemeine Ohrwurm (*Forficula auricularia*) tritt als Larve und Imago im Sommer in Maisfeldern auf. Zu seiner Nahrung gehören neben tierischer Nahrung auch zarte Pflanzenteile.

### 10.5. Verwerter organischer Abbauprodukte und Pilzfresser auf der Pflanze und im Boden

Im Lebensraum Pflanzenbestand lassen sich Arten der Collembola, der Lathridiidae (Schimmelkäfer) und der Leiodidae (Schwammkugelkäfer) nachweisen. Collembolen erscheinen mit zum Teil hohen Abundanzen. Vor allem der verwesende Pollen und der Kot der Maiszünslerlarven scheinen die Habitateignung zu begünstigen. Ein Kontakt zum Bt-Toxin dürfte eher zufällig sein.

Im Lebensraum Boden treten Collembolen permanent mit vielen Arten und in hoher Dichte auf. Je nach Art leben sie nicht nur saprophytisch oder fressen Pilze sondern ernähren sich auch von Bakterien und Algen. Auch die Larven vieler Arten der Brachycera und Nematocera sind bedeutende Bestandteile der Arthropodenbiozönose in Ackerkulturen, so auch im Maisfeld. Bei starkem Anteil organischer Bestandteile treten mehrere Tausend Larven pro m<sup>2</sup> Boden auf. Weber und Prescher (1995) identifizierten Nematocera-Arten aus zwölf Familien, insbesondere Cecidomyiidae, Chironomidae und Sciaridae, sowie Brachycera-Arten aus ca. 30 Familien, insbesondere Phoridae (ca. 2/3 aller Individuen), Hybotidae, Sphaeroceridae und Drosophilidae. Diese Destruenten setzen auch Maisbiomasse im Boden um und dürften somit im Bt-Maisfeld Kontakt mit dem Toxin in den Pflanzenresten haben. Auch viele Milben, z. B. *Rhodacariius coronatus*, *Rhodacarellus silesiacus* und *Hypoaspis aculeifer*, kommen in hohen Dichten im Boden vor. Es handelt sich dabei weniger um Destruenten als vielmehr um prädatorische Arten.

### 10.6. Arthropoden, die mit der Segetalflora assoziiert sind

Die wichtigsten Vertreter der Segetalflora von Maisfeldern sind Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*) und Amaranth (*Amaranthus retroflexus*), der besonders in wärmeren Maisanbaugebieten auftritt. An diesen Pflanzen leben zahlreiche Arthropodenarten. An *Amaranthus* haben z. B. Bürki et al. (1999) in der Schweiz 137 phytophage Insekten, insbesondere der Ordnungen Homoptera, Heteroptera und Coleoptera, festgestellt. An *Chenopodium album* fallen besonders viele *Lygus*-Arten u. a. Miridae auf.

### 10.7. Zufallsbesucher

In Maisfeldern lassen sich auch viele Zufallsbesucher ermitteln, Arthropoden, die mit dem Mais oder dem Schlag in keiner Beziehung stehen.

Nach vorliegendem Kenntnisstand kommen in Maisbeständen einschließlich der Bodenbewohner ca. 1.000 Arthropodenarten vor. Damit werden Größenordnungen erreicht, wie sie schon für Weizenfelder beschrieben wurden. Betrachtet man das Artenspektrum, so werden Parallelen zu anderen in Fruchtfolge stehenden einjährigen Gramineen deutlich. Allerdings zeigt der Mais auch Besonderheiten, die zum Teil aus der extremen räumlichen Dimension und langen Vegetationsperiode resultieren.

## 10.8. Literaturverzeichnis

1. Asin, L., Pons, X.: Aphid predators in maize fields. Integrated Control in Cereal Crops IOBC Bull. 21,8 (1998) S. 163-170.
2. Bürki, H.-M., Schroeder, D., Nentwig, W.: Field surveys for insect associated with *Amaranthus* spp. (Amaranthaceae) in Switzerland and their suitability for biological control. Mitt. schweiz. Entomol. Gesell. 75 (1999), S. 259-275.
3. Hassan, S. A.: Die Anwendung von Eiparasiten der Gattung *Trichogramma* im biologischen Pflanzenschutz in Deutschland – Geschichte, Erfolge und Aussichten für die Zukunft. Mitt. BBA 346 (1998), S. 83-109.
4. Katz, P.: Analyse der Populationsdynamik von Maisblattläusen. Diss. Univ. Hohenheim (1993), 151 S.
5. Kohl, A.: Das Pollensammelverhalten der Honigbiene (*Apis mellifera* L.) im Naturschutzgebiet Taubergießen (Oberrhein, Südwestdeutschland). Z. Ökolo. Natursch. 2 (1993), S. 163-169.
6. Leopold, J., Vidal, S.: Populationsdynamik von Getreideblattläusen an Bt-Mais und Isolinie Tagungsber. Entomologentagung Düsseldorf, Abstractband (2001), keine Seitenangaben.
7. Langenbruch, G.A.: Maiszünsler bald im hohen Norden? Deutsche Landw. Zeitung, DLZ Agrarmagazin 52 (2001), S. 36-38.
8. Ohnesorge, B.: Investigations on the population dynamics of maize aphids in southwestern Germany. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 53/3a (1988), S.1187-1193.
9. Rost, M.: The biological control of the corn borer. Pflanzensch. Wien 13,2 (1997), S. 5-6.
10. Weber, G., Prescher, S.: Die Mücken und Fliegen eines klarschlammgedüngten Ackers. Agrarökologie 15 (1995), 100 S.

## 11. Workshop I: Interaktion transgene Pflanze / Pflanze

*Leitung:*

*Dr. Barbara Schieferstein,*

*Bussestraße 16c, D-27570 Bremerhaven, Tel: ++49 471 417798,*

*E-Mail: [bschieferstein@ttz-bremerhaven.de](mailto:bschieferstein@ttz-bremerhaven.de) und*

*Ingrid Nöh,*

*Umweltbundesamt, FG IV 2.5, Seecktstr. 6-10, D-13581 Berlin;*

*Tel.: ++49 30/ 8903-3250, E-Mail: [Ingrid.noeh@uba.de](mailto:Ingrid.noeh@uba.de)*

### 11.1. Einführung

Im Rahmen dieses Workshops wurden, aufbauend auf den Darstellungen der Vorträge des Vormittags, zwei Themenschwerpunkte hinsichtlich eines Langzeitmonitorings von GVO bearbeitet. Zunächst wurden die dargestellten Forschungsarbeiten zu transgenen Pflanzen im Hinblick auf die Nutzbarkeit für ein Langzeitmonitoring analysiert. Anschließend wurden methodische Rahmenbedingungen erörtert, die aus Sicht der Diskussionsteilnehmer u.a. als Voraussetzung für die Schaffung eines Langzeitmonitoring anzusehen sind.

Als Diskussionsgrundlage diente eine Sammlung von Kernaussagen und Problemfeldern, die im Verlauf der Vorträge hinsichtlich der Etablierung eines Langzeitmonitorings thematisiert wurden und nunmehr erörtert und ergänzt werden sollten. Zusätzlich ergab sich eine kurze Diskussion zur „räumlich-zeitlichen Umsetzung der Vorgaben der novellierten Freisetzungsrichtlinie“, die hier im Protokoll mit aufgenommen wird. Es folgen die Beiträge der TeilnehmerInnen zu den Themen „Nutzbarkeit der Ergebnisse der Sicherheitsforschung für das Langzeitmonitoring von GVO“ und „Methodische Rahmenbedingungen für ein Langzeitmonitoring von GVO“ mit den beiden Problembereichen „Baseline“ und „Referenzflächen“.

Das vorliegende Protokoll gibt die Diskussionspunkte im Wesentlichen chronologisch wieder, wobei die Beiträge thematisch zugeordnet und gebündelt wurden.

### 11.2. Räumlich-zeitliche Umsetzung der Vorgaben der Freisetzungs-Richtlinie

Zu Beginn des Workshops standen umsetzungsrelevante Problemfelder im Vordergrund der Diskussion. Die TeilnehmerInnen warfen Fragen zu verschiedenen Aspekten der räumlich-zeitlichen Umsetzung der novellierten Freisetzungs-Richtlinie auf. Voran- gilig sei eine Abstimmung der Überwachungspläne auf die unmittelbar zur Genehmigung zum Inverkehrbringen anstehenden GVO. Es wurde die Notwendigkeit der Zu-

sammenarbeit der verschiedenen Behörden bei der Umsetzung des Langzeitmonitorings von GVO betont. Derzeit sei unklar, wie z. B. die Naturschutzbehörden in die Umsetzung einbezogen werden könnten.

Der Themenkomplex „räumliche Abgrenzung von GVO-Anbaugebieten“ nahm einen längeren Gesprächszeitraum ein. Es wurde diskutiert, inwieweit Isolationszonen auch im Hinblick auf verschiedene Transgene organisiert werden könnten. In der Diskussion wurden sowohl GVO-freie Schutzgebiete als auch Reservate für die Produktion von konventionellem und gentechnisch verändertem Saatgut gefordert.

### **11.3. Forschungsaktivitäten zum Langzeitmonitoring von GVO**

#### **11.3.1. Forschungsstruktur: Forschungscoordination, Datentransparenz**

Ausführlich und wiederholt wurde die fehlende Übersicht über den Stand des Wissens / der Forschung zu dem Verhalten der verschiedenen transgenen Pflanzen angesprochen. Ausgehend von der einvernehmlichen Forderung, dass schon bereits existierende Forschungsergebnisse bei der Konzeptionierung eines Langzeitmonitorings berücksichtigt werden müssten, wurden verschiedene Aspekte der fehlenden Forschungscoordination und Datentransparenz angesprochen. Zunächst wurde kritisiert, dass verschiedene Fragestellungen unkoordiniert und lediglich anlassbezogen bearbeitet würden. Darüber hinaus würden die Forschungsdaten der Betreiber nicht in die Risikobewertung einfließen. Hierzu wurde angemerkt, dass die Betreiber ihre Ergebnisse häufig nicht öffentlich zugänglich machen und unabhängigen Instanzen zur Verfügung stellen würden. Die Frage, was eine unabhängige Instanz sei und wer generell auf welche Daten Zugriff haben sollte, blieb unabgeschlossen, aber als Problemfeld erkannt, im Raum stehen.

Grundsätzlich wurde der Bedarf nach zentraler Bündelung und Transparenz von Informationen und Forschungsdaten formuliert, damit jederzeit ein Überblick über laufende Forschungsaktivitäten und Ergebnisse gewährleistet sei. Eine Doppelung von Forschungsfragen könnte dadurch ebenfalls vermindert werden.

#### **11.3.2. Bewertung von Daten und Untersuchungsergebnissen**

Der Umgang mit Forschungsdaten und Untersuchungsergebnissen wurde problematisiert. Eine Vergleichbarkeit sei häufig nicht gegeben, da zum einen die Forschungintensität unterschiedlich oder eine Übertragbarkeit auf andere Regionen und Anbausysteme nicht möglich sei. Weiterhin müsste der Erhebungsmaßstab bei einer Bewertung berücksichtigt werden. Zusätzlich seien Daten aufgrund der unterschiedlich verwendeten Methoden nur schwer oder nicht zu vergleichen.

Es wurde einvernehmlich festgehalten, dass vorhandene (als positiv oder negativ ausgewiesene) Ergebnisse grundsätzlich hinsichtlich folgender Kriterien analysiert werden müssten:

- Datenqualität (Forschungsintensität),
- Methodische und inhaltliche Vergleichbarkeit,
- Vergleichbarkeit des Maßstabs.
- Eine transparente Methodendarstellung sei hierfür unabdingbar.

### **11.3.3. Forschungsbedarf**

Die von den DiskussionsteilnehmerInnen zusammengestellte Liste des weiterhin bestehenden Forschungsbedarfs berücksichtigt unterschiedliche räumliche, zeitliche und inhaltliche Maßstäbe. Demzufolge sollten Auswertungen aus verwandten Wissensgebieten zusätzlich berücksichtigt werden. Weiterhin sollte verstärkt eine inhaltliche und methodische Verknüpfung zwischen verschiedenen Projekten erfolgen und innerhalb der Projekte vermehrt auf Interdisziplinarität geachtet werden. Bisher würden sozioökonomische Aspekte sehr häufig fehlen. Darüber hinaus sollte auch die Erforschung der Grenzen der Risikoforschung als eigenständiges Forschungsfeld etabliert werden.

Es wurde ein Konsens darüber erzielt, schutzzielorientierte Forschungsfragen unter dem Dach der Erforschung und der Analyse von Wirkungsketten zu bündeln.

Zusammenfassend wurde seitens der TeilnehmerInnen folgende Bedarfsliste zur Schaffung von Rahmenbedingungen für ein Langzeitmonitoring von GVO sowie mit Themen für Forschungsbedarf hinsichtlich der Auswirkungen von GVO formuliert:

- Definition von Wirkungsketten und Erforschung der verschiedenen Kettenglieder,
- Grundlagenwissen verbessern hinsichtlich z.B. dem Verständnis ökosystemarer Zusammenhänge, der Verbreitung, dem Vorkommen von Arten u.ä.,
- Definition einer Basislinie/Bezugslinie für die Beschreibung von Veränderungen, auch unabhängig von GVO,
- Schaffung einer wissenschaftlichen Grundlage für Methodenkritik. Dazu zählen als Voraussetzungen die Schaffung einer Transparenz der erhobenen Daten, der wissenschaftlichen Erkenntnisse, der Darstellung der verwendeten Methoden,
- Ermittlung von Kriterien für Vergleichbarkeit, Übertragbarkeit von wissenschaftlichen Ergebnissen und Erkenntnissen.

- Schaffung einer zentralen Sammelstelle für relevante Projekte und Daten; Auswertung und Präsentation der Daten; Einbindung verwandter Wissensgebiete,
- Bereitstellung und zentrale Aufbereitung von Daten durch Betreiber, aus der Industrie und Wissenschaft,
- Einbindung interdisziplinärer Ansätze (Naturschutz, Landschaftsökologie, sozio-ökonomische Wirkungen, nationale und internationale Ergebnisse),
- Durchführung von unabhängigen Untersuchungen,
- Benennung von Grenzen der Aussagen der Forschungsergebnisse (Limits-of-risk-assessment).

Abschließend wurde angemerkt, dass es Wissenslücken gibt und weiterhin geben wird, die nicht geschlossen werden können. Diese gilt es deutlich zu benennen und in einem gesellschaftlichen Diskurs zu entscheiden, wie das weitere Vorgehen anhand der Erkenntnisse und Wissenslücken sein sollte.

#### **11.4. Methodische Rahmenbedingungen für ein Langzeitmonitoring**

Die Workshop-TeilnehmerInnen stimmten darin überein, dass das Ziel des Langzeitmonitorings von GVO die Erfassung von sofortigen und späteren Effekten sowie von Kombinationseffekten sei. Seitens der TeilnehmerInnen wurden Fragen und Anmerkungen zu verschiedenen Aspekten dieser Zielsetzung eingebracht. Es wurde u.a. erfragt, wie das notwendige „Upscaling“ durchgeführt werden kann, um ökosystemare Zusammenhänge beim großflächigen Anbau von GVO berücksichtigen zu können.

Es wurde der Bedarf für ein naturraumspezifisches Monitoring formuliert, wobei sich dieses inhaltlich mehr auf den Aspekt Wirkungsketten und -analysen als auf den Aspekt Genfluss konzentrieren sollte.

Die Workshop-TeilnehmerInnen definierten Monitoring von GVO als eine Überwachung, die in verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalierungen umzusetzen sei. Bei der Erfassung von Langzeiteffekten stünde der Vergleich mit einem zu definierenden Ausgangszustand oder einer Anbaualternative im Vordergrund. Diese Thematik wird hier unter den Begriffen „Baseline“ und „Referenz“ gefasst, wobei der Diskussion folgende Definitionen zugrundegelegt wurden:

- Referenz: Vergleich von GVO und Nicht-GVO,
- Baseline: Zustand vor dem GVO-Anbau.

##### **11.4.1. Baseline**

Von den TeilnehmerInnen wurde einvernehmlich die Bedeutung der Baseline-Diskussion hervorgehoben. Dabei wurde festgehalten, dass es derzeit einerseits bereits erhebliche Datensammlungen gäbe, die ausgewertet werden müssten. Anderer-

seits bestünde Nachholbedarf bei der Datenerfassung und Forschung der allgemeinen Grundlagenforschung, die unabhängig vom GVO-Anbau sei, aber der Baseline-Ermittlung diene. Die rasch anwachsende Datenbasis müsste in eine Datenbank eingehen und ausgewertet werden. Es blieb offen, ob derzeit bereits Problemfelder als abgearbeitet und beantwortet gelten würden.

Auch die Basislinien müssten fallspezifisch definiert werden. Es sei aber problematisch für jede GVO vorab eine Baseline festzulegen. Daraus ergäbe sich die Notwendigkeit für eine vorausschauende „Baseline-Forschung“. Es wurde die ohnehin kontinuierliche Veränderung unserer Kulturlandschaften problematisiert, sodass die Möglichkeit der Entwicklung eines Theoriekonzeptes zur Bildung von Basislinien diskutiert wurde, die auch für die landwirtschaftliche Praxis angewendet werden könnte.

Es wurde festgehalten, dass in der zukünftigen Diskussion um „Baseline“ folgende Punkte Berücksichtigung finden sollten:

- Definition „Baseline“: vor Anbau von GVO,
- die Baseline verändert sich in der Zeit,
- sie ist abhängig von verschiedenen Einflussfaktoren,
- in die Beschreibung der Baseline sollte die Verbreitung von konventionellen Kulturpflanzen eingehen.

#### **11.4.2. Indikatoren**

Es wurde vorgeschlagen, für verschiedene gentechnisch veränderte Pflanzen unterschiedliche Indikatoren hinzuzuziehen. Bei der Auswahl der Indikatoren wurde auf laufende Bund-Länder-Aktivitäten sowie des Umweltbundesamtes verwiesen, die in naher Zukunft zu greifbaren Vorschlägen führen werden

#### **11.4.3. Referenzflächen**

Die TeilnehmerInnen der Diskussion identifizierten den Vergleich GVO/Nicht-GVO als einen allgemeinen Rahmen für die Auswahl von Referenzflächen. Referenzflächen würden grundsätzlich in Abhängigkeit von der Fragestellung ausgesucht, wobei die im Rahmen der Fragestellung relevanten Untersuchungsparameter sich in der Regel danach richteten, wo Effekte erwartet würden (Beispiel Bt-Mais: Befallsgebiete, pfluglose Bodenbearbeitung). Entsprechend sei darauf zu achten, dass methodisch alle anderen Parameter außer dem

Nicht-Vorhandensein des GVO konstant gehalten würden. Konkret hieße dies, dass die Referenzflächen in einem vergleichbaren Naturraum (beispielhaft genannt wurden: Trockenrasen, Auenbereich) ausgewählt werden sollten.

Vergleichsversuche (Referenzversuche) könnten sich an verschiedenen Ausgangssituationen orientieren. Hierzu wurden von den TeilnehmerInnen verschiedene Orientierungsvorschläge gemacht:

- kleinstrukturierte ⇔ großstrukturierte Landwirtschaft,
- ökologische ⇔ konventionelle Landwirtschaft,
- verschiedene Bearbeitungsszenarien.

Hierbei könnten vergleichsspezifische Probleme auftreten, z. B. die Sortenwahl beim Vergleich ökologische ⇔ konventionelle Landwirtschaft.

Es wurde weiterhin angeraten, sich in den Vergleichen auf praxisrelevante Szenarien zu konzentrieren und die Untersuchungen vom Standard der landwirtschaftlichen Praxis ausgehend zu konzipieren. Dabei sollten typische Fruchtfolgen (ggf. auch regionaltypische) berücksichtigt werden.

Es wurde problematisiert, dass es für die unterschiedlichen Kulturarten unterschiedlich schwierig sei, Referenzflächen zu definieren. Für Mais wäre dies z. B. sehr einfach, für Raps hingegen deutlich schwieriger. Die Schwierigkeiten ergäben sich z. B. aus der Ausbreitung (Pollenausbreitung; Rapssaat in Bodenaushub, Transportverluste, Ernteverluste) und der Persistenz von Raps.

Es wurde darauf hingewiesen, dass Erfahrungen mit Referenzflächen auch aus anderen Bereichen vorlägen, wie z. B. dem Waldbau, der mit Referenzflächen zur Qualitätskontrolle arbeite. Bezugnehmend auf die Umsetzung des gesetzlich vorgesehenen Langzeitmonitorings wurde angemerkt, dass entsprechend der bisher diskutierten Kriterien ein ganzes Netz von Referenzflächen benötigt werden würde, wobei in der Regel der Einfluss auf das Flächenmanagement gering sei. In diesem Zusammenhang wurde die Einrichtung von Pilotflächen in unterschiedlichen Regionen als Fallbeispiele vorgeschlagen. Eine andere Referenzstrategie könnte in der Zerteilung von Betrieben bestehen. Es wurde eingebracht, dass bei Markteinführung von GVO die Notwendigkeit bestehen könnte, Betriebe bereitzustellen, die nach der üblichen Praxis konventionell weitergeführt würden.

Es wurde festgehalten, dass in der zukünftigen Diskussion um Referenzflächen folgende Punkte Berücksichtigung finden sollten:

- Bereitstellung von Flächen ohne GVO-Anbau (konventionell und ökologisch),
- Bereitstellung von Flächen in vergleichbaren Natur- und Landschaftsräumen,
- Einrichtung einer Referenzfläche in Abhängigkeit von der Fragestellung,
- Einbeziehung von „ungestörten Biotopen“ (z. B. Auenbereiche, Schutzgebiete, FFH, Biosphärenreservate),
- es werden viele Referenzflächen hinsichtlich verschiedener Aspekte benötigt,

- ist eine langfristige Sicherung der Referenzflächen möglich/nötig?

Es wurde empfohlen, auf Erfahrungen aus Analogiebereichen zurückzugreifen, um Wiederholungsfehler zu vermeiden. Als Beispiele wurde der Vergleich Ökolandbau/konventioneller Anbau (Systemvergleich) sowie der Waldbau (Waldzertifizierung) genannt.

Am Ende des Workshops blieben mehrere Themen, die im Kontext „räumliche und zeitliche Etablierung eines Langzeitmonitoring von GVO“ angesprochen wurden, un-diskutiert. Es blieb weitgehend unabgeschlossen, welche ökologischen Indikatoren geeignet sind, um die nach der novellierten Freisetzung-Richtlinie formulierten direkten, sofortigen, indirekten und späteren Effekte auf den verschiedenen zeitlichen und räumlichen Ebenen zu erfassen.

Es bestand Einigkeit darüber, dass die Diskussion um die Auswahl und Anwendung geeigneter Schutz- und Qualitätsziele fortgesetzt werden muss.

Ferner wurde die Diskussion der Bewertung der möglichen positiven oder negativen Effekte durch den Anbau von GVO auf den gesellschaftlichen Diskurs verlagert.

## 12. Workshop II: Interaktion transgene Pflanze / Tier

*Leitung:*

*Prof. Dr. Stefan Vidal,*

*Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz,*

*Georg-August-Universität; Grisebachstr. 6, D – 37077 Göttingen,*

*Tel: +49 (0)551 39-9744; E-Mail: [svidal@gwdg.de](mailto:svidal@gwdg.de) und*

*Dr. Angelika Hilbeck,*

*Swiss Federal Institute of Technology, Geobotanical Institute;*

*Zurichbergstr. 38, CH – 8044 Zürich, Tel: +41 (0)6324322;*

*E-Mail: [hilbeck@geobot.umnw.ethz.ch](mailto:hilbeck@geobot.umnw.ethz.ch)*

### 12.1. Einführung

In der im Jahr 2001 verabschiedeten neuen Freisetzung-Richtlinie (RL 2001/18/EG) ist ein obligatorisches Monitoring gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) nach ihrer Marktzulassung vorgeschrieben, um die mit dem Anbau dieser Pflanzen verbundenen potenziellen negativen Einflüsse auf die Umwelt frühzeitig zu erfassen. Die Richtlinie diente dem Workshop als Grundlage für die Diskussionen über die Schutzziele und potenziellen Risiken mit Bezug auf die Interaktionen zwischen GVP und Tieren. Aufbauend auf den Schutzzielen sollten methodische Ansätze aufgezeigt werden, die für die Fragestellungen eines Monitoring geeignet sind.

Die konstruktiven Diskussionen innerhalb der TeilnehmerInnen des Workshops führten über die Schilderung der Ausgangssituation und die Definition der Ziele eines Langzeitmonitorings zur Frage möglicher Parameter sowie zur Diskussion über Dauer und Skalierung eines solchen Programms.

### 12.2. Ziele und Ausgangssituation

Als Schutzziel für ein allgemeines und fallspezifisches Monitoring wurde die Erhaltung der funktionellen Biodiversität festgelegt. Diese funktionelle Biodiversität sollte am besten anhand von potenziellen Indikatorarten erfasst werden, wobei höheren trophischen Ebenen (Nützlingen, Bestäubern) eine höhere Sensitivität zuerkannt wurde. Ein Problem wurde allerdings im lückenhaften und unvollständigen Grundwissen erkannt: Beispielsweise ist eine Bestandsaufnahme der wichtigsten Arten und ihrer Funktionen in den meisten Agrarbiozönosen bisher nicht abgeschlossen. Forschungsansätze, die in diese Richtung zielen, wurden während dieses Workshops vorgestellt (siehe Beitrag von Bernd Freier). In vielen Bereichen wären daher noch vor der Zulassung von GVP umfangreiche Erfassungen wünschenswert. In vielen Fällen ist zudem die ökologische

Funktion von potenziellen Indikatorarten der Agrarlebensräume ausserhalb dieser Systeme unbekannt, sodass die Aussagekraft der Indikatorarten für naturraumbezogene Analysen eingeschränkt bleibt. Unklar ist weiterhin, bis zu welchem Grad diese Bestandserfassungen vorangetrieben werden müssten, um denjenigen Ist-Zustand zu dokumentieren, der als brauchbare „Baseline“ (Vergleichsbasis) definiert werden könnte. Die Beschreibung des Ist-Zustandes erfordert darüber hinaus zwingend Referenzflächen als Vergleichssysteme. Landwirtschaftlich genutzte Flächen und naturnah belassene Flächen oder Naturschutzgebiete sind jedoch in einer Kulturlandschaft, wie sie in Deutschland vorherrscht, vielfach eng miteinander verzahnt, sodass eine strikte Trennung zwischen diesen Ökosystemarten meist unmöglich erscheint.

Eine kleinräumig strukturierte Kulturlandschaft wirft zudem, unabhängig von der Frage, welche Form von Landwirtschaft betrieben wird, das Problem der räumlichen Skalierung dieser Untersuchungen auf: Wie weit können durch den Anbau von GVP hervorgerufene ökosystemare Effekte auf benachbarte Lebensräume ausstrahlen? Dieses Szenario wurde am Beispiel eines Biosphärenreservates verdeutlicht, bei dem agrarische Produktionsflächen unvermeidbar an solche Flächen angrenzen, auf denen Naturschutzziele Priorität haben.

Kontrovers wurde schließlich auch die Frage eines Schwellenwertes für negative Effekte diskutiert: Welche Kriterien könnten für die Definition eines Schwellenwertes herangezogen werden oder welche Effekte eines GVP-Anbaus sind für Flächen noch tolerierbar, bei denen die Erhaltung naturnaher Funktionen und ursprünglicher, nicht gentechnisch veränderter Arten im Vordergrund steht?

Einvernehmen herrschte bei den TeilnehmerInnen des Workshops darüber, dass die Definition der „Baseline“ in Abhängigkeit von der Fragestellung bzw. der Kulturpflanze erfolgen sollte und als Referenzflächen eine Bandbreite vom konventionellen Anbau über nachhaltige Systeme bis hin zum ökologischen Anbau einzubeziehen sei, wobei eine nachhaltige Landwirtschaft nach wie vor schlecht definiert ist.

Im Rahmen eines Langzeitmonitorings sollte eine flexible Anpassung der Indikatorsysteme an spezifische Standortverhältnisse erfolgen. Unklar war jedoch, inwieweit schon existierende Indikatorsysteme bzw. Programme für ein Langzeitmonitoring in Hinblick auf GVP genutzt werden können oder sollten.

### **12.3. Erfassungsparameter**

Als Grundlage für die Erfassungen von potenziellen Wirkungen des Anbaus von GVP auf ökosystemare Prozesse sollte nicht das Vorkommen von Einzelorganismen, sondern die Dynamik vernetzter Systeme („Nahrungsketten resp. -netze“) herangezogen werden. Dazu ist eine ausreichende Kenntnis der Autökologie der beteiligten Organismen erforderlich. Diese Forderung ist jedoch vielfach selbst in agrarischen Lebensräumen nicht erfüllbar.

Die Erfassung potenzieller Nebenwirkungen von GVP sollte auf einer Analyse der Wirkungs- und Expositionspfade basieren. Um ein Langzeitmonitoring handhabbar zu gestalten und nicht in einer Unzahl von Organismen zu enden, deren Stellenwert in einem Ökosystem sicherlich jederzeit begründbar wäre, sollte als Handlungsmaxime für die Auswahl geeigneter Organismen ihre ökologisch relevante Charakterisierung im Kontext eines GVP-Anbaus vorab klar abgrenzbar sein. Dazu müssen Wirkungshypothesen formuliert und Nahrungsketten definiert werden.

Als Zielorganismen solcher interaktiven, trophischen Kaskaden eignen sich fallspezifisch alle direkten und indirekten GVP-Konsumenten (Herbivore, Bestäuber, Gegenspieler, Großsäuger, Destruenten, u.a.), unabhängig davon, ob es sich dabei um Ziel- oder Nicht-Zielorganismen handelt.

Für ein Langzeitmonitoring könnten auch Mikroorganismen geeignet sein, wobei hier vor einer Etablierung solcher Systeme noch erheblicher Forschungsbedarf gesehen wurde. Potenzielle indirekte Effekte, z. B. solche, die sich durch den Eintrag von GVP oder GVP produzierten Substanzen in Gewässer ergeben können, sollten ebenfalls beispielhaft erfasst werden.

#### **12.4. Skalierung**

Für die Erfassung von Nebenwirkungen des Anbaus von GVP auf ökosystemare Prozesse wurden Zeiträume von mehr als zehn Jahren gefordert. Längere Zeiträume sind deshalb wünschenswert, um z. B. evolutionäre Zusammenhänge aufzuzeigen. Ein starrer Zeitrahmen sollte nicht vorgegeben werden; die Erfassungsprogramme sollten variabel und stufenweise je nach Fragestellung und Kultur ausgelegt sein. Als Referenzflächen wurde empfohlen, Standorte in verschiedenen Regionen der Bundesrepublik dauerhaft zu etablieren. Die Auswahl dieser Flächen sollte repräsentative typische Agrarlebensräume umfassen und klimatische Besonderheiten berücksichtigen.

## 13. Workshop III: Interaktion transgene Pflanze / Boden, Wasser, Atmosphäre

*Leitung:*

*Dr. Michael Schloter,*

*GSF- Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH,*

*Institut für Bodenökologie, Ingolstädter Landstr. 1;*

*D-85758 Oberschleissheim,*

*Tel.: ++49 89 31872304, E-Mail: [schloter@gsf.de](mailto:schloter@gsf.de) und*

*PD Dr. Markus Raubuch,*

*FB 11, Fachgebiet Bodenbiologie und Pflanzenernährung,*

*Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen,*

*Tel.: ++49 5542 981671, E-Mail: [raubuch@wiz.uni-kassel.de](mailto:raubuch@wiz.uni-kassel.de)*

### 13.1. Einführung

Es wurde zunächst die **Zielsetzung** eines Langzeitmonitorings im Vergleich zu den laufenden Projekten im Bereich „anbaubegleitende Sicherheitsforschung“ abgegrenzt. Dabei wurde sowohl die Bedeutung einer allgemeinen Überwachung (*general surveillance*) als auch eines fallspezifischen Beobachtungsansatzes (*case by case*) herausgestellt. Davon ausgehend wurden **Schutzziele** definiert. Als primär schützenswert wurde in diesem Zusammenhang die Biodiversität genannt. Dabei wurde Artenschutz bzw. Artendiversität, die genetische Vielfalt und die Diversität von Ökosystemen als schützenswert abgeleitet. In diesem Zusammenhang wurden auch Bodenfruchtbarkeit und Wasserqualität als wichtige Schutzgüter herausgestellt. Ferner wurde die GVO-Freiheit von Flächen als Schutzziel postuliert.

Anschließend wurde eine Liste von **Parametern** aufgestellt, die in eine Testbatterie für ein Langzeitmonitoring eingeschlossen sein sollten. Dazu gehören DNS-Persistenz, Gen-Transfer und Persistenz von GVO ebenso wie Untersuchungen zu Stoffumsetzungen in Böden und die Erfassung von Indikatororganismen (Schädlinge, Nützlinge bzw. empfindliche Organismen).

Abschließend wurde die Frage diskutiert, auf welchen **Flächen** ein Langzeitmonitoring stattfinden sollte. Dabei wurde es als wünschenswert betrachtet, neben Agrarökosystemen auch Flächen aus dem Natur- bzw. Biotopschutz in die Untersuchungen einzu beziehen. Allerdings ist in allen Fällen die Frage der geeigneten Referenz- bzw. Kontrollflächen zu klären. Es besteht nach Meinung der Diskutanten die Möglichkeit, solche Programme an bestehende Monitorsysteme (Pflanzenschutzämter, Förster, ökologische Dauerbeobachtungsflächen) anzubinden.

### 13.2. Zielsetzung

Im Rahmen der Diskussion wurde zunächst die Frage aufgeworfen, ob ein Langzeitmonitoring „fallspezifisch“ erfolgen sollte *oder* ob eher allgemeine, Hypothesen-geleitete Untersuchungen in diesem Zusammenhang hilfreicher wären. Verschiedene Diskussionsteilnehmer wiesen darauf hin, dass Projekte im Bereich der Sicherheitsforschung gezeigt haben, dass der fallspezifische Untersuchungsansatz oftmals ohne Ergebnis bleibt. So haben z. B. Freilanduntersuchungen an transgenen Kartoffeln, die Lysozym in die Rhizosphäre zur Abwehr von pflanzenpathogenen Bakterien ausschütten, gezeigt, dass es keinen messbaren Einfluss auf die Mikroflora im Wurzelraum gibt, obwohl dies aus Laborversuchen zu erwarten war. Umgekehrt kann ein Monitoring, das eher allgemein ausgelegt ist, zwar zu Effekten führen, deren primäre Ursache aber nicht zu ermitteln ist. Als Ergebnis dieser Diskussion waren sich die Teilnehmer einig, dass ein Langzeitmonitoring *sowohl* fallspezifische Elemente *als auch* Hypothesen, die keiner direkten Ursache-Wirkungs-Beziehung unterliegen, beinhalten sollte. Dabei sollte die Prüfdichte in Abhängigkeit von der Wahrscheinlichkeit (räumlich, zeitlich, Schaden) erfolgen.

Allgemein wurde betont, dass aus verschiedenen Untersuchungen, in denen die Bewirtschaftungsform geändert wurde, bekannt ist, dass nachhaltige Veränderungen erst nach mehreren Vegetationsperioden zu beobachten sind. Daher muss auch ein Monitoringprogramm auf mindestens 10 – 30 Jahre ausgelegt sein. Entscheidend dabei ist, die GVO in eine gängige Fruchtfolge zu integrieren und die Regeln der GLP zu beachten, obwohl Fruchtfolgen auch zu einer Vermischung von Einflussgrößen führen.

### 13.3. Schutzziele

Im Hinblick auf kommende Gesetzesnovellen ist eine Schutzzieldebatte von grosser Bedeutung. Zur Definition von Schutzzielen können entsprechende bestehende Gesetze (Bodenschutzgesetz, Naturschutzgesetz, EU-Richtlinie etc.) hilfreich sein. Trotzdem sind neben Schutzzielen, die von einem konkreten Risiko ausgehen, auch Schutzgüter jenseits des Risikobegriffs zu definieren. Insbesondere die Biodiversität wurde in diesem Kontext genannt. Dazu wurde bemerkt, dass keinesfalls unspezifische Diversitätserhebungen Ziel eines Langzeitmonitorings sein können, da diese Daten vor dem Hintergrund einer sich im ständigen Wandel befindlichen Umwelt und den im Zusammenhang mit der Gentechnik gegebenen spezifischen Fragestellungen nur sehr begrenzte Aussagekraft haben. Vielmehr sollten im Rahmen der Untersuchungen zum Einfluss von GVO auf die Biodiversität konkrete Schutzgüter erfasst werden. In diesem Zusammenhang wurde einerseits der Artenschutz genannt. Andererseits wurden Bodenfruchtbarkeit und Wasserqualität als Schutzziele formuliert. Beide Parameter sind eng mit der mikrobiellen genetischen Vielfalt eines Standortes gekoppelt. Teilweise bestand die Meinung, dass es sehr unwahrscheinlich ist, dass es durch die Freisetzung von GVO zu einer nachhaltigen Veränderung der Diversität kommt. Vielmehr sind ähnliche Effekte wie bei einer intensiven Bewirtschaftung von Flächen zu erwarten.

Darüber hinaus herrschte Einigkeit, dass trotz der Freisetzung von GVO die Diversität von Ökosystemtypen erhalten bleiben muss.

Zusätzlich zu den genannten Zielen, die Biodiversität als Schutzziel postulieren, wurde die GVO-Freiheit von Flächen als schützenswert definiert. Dies gilt vor allem dort, wo Landwirte durch ökologische Bewirtschaftung versuchen, eine den gesetzlichen Vorgaben des ökologischen Landbaus entsprechende Nahrungsmittelqualität zu erreichen.

#### **13.4. Parameter**

Es herrschte allgemeiner Konsens Indikatororganismen im Rahmen eines Langzeitmonitorings zu erfassen. Dies könnten entweder „Nützlinge“ (wie zum Beispiel Regenwürmer, Collembolen, stickstofffixierende Bakterien etc) oder „Schädlinge“ (Borkenkäfer, pflanzenpathogene Mikroorganismen etc) sein. Denkbar wären auch besonders empfindliche Organismen, die keine unmittelbare Ökosystemfunktion haben als Indikatoren zu verwenden. Besonders für den Bereich Mikroorganismen wurde die Frage diskutiert, ob die zur Verfügung stehenden Methoden es erwarten lassen, Effekte messen zu können.

Ebenfalls einig waren sich alle Teilnehmer in der Diskussion, die Persistenz der GVO im Rahmen eines Langzeitmonitorings zu verfolgen. Als wünschenswert wurde es erachtet, die Bodenfruchtbarkeit zu erfassen. Allerdings ist die Bodenfruchtbarkeit von äußerst vielen biotischen und abiotischen Faktoren abhängig, sodass nur einzelne Teilprozesse untersucht werden können.

Uneins waren sich die Teilnehmer in der Diskussion, inwieweit Persistenz von DNS im Boden und horizontaler Gentransfer in ein Monitorprogramm mit einbezogen werden sollten. Die eine Gruppe war der Meinung, dass DNS vor allem in tonhaltigen Böden konserviert sein kann, die Raten für horizontalen Gentransfer aber so gering sind, dass diese Art der Übertragung von Genen zu vernachlässigen ist. Außerdem wurde bemerkt, dass aufgenommene DNS von den Mikroorganismen als Energieträger benutzt wird. Ferner wurde argumentiert, dass gerade Mikroorganismen versuchen, ihr Genom so klein wie möglich zu halten und sich Organismen mit neuen Genen nur dann durchsetzen, wenn der Selektionsdruck entsprechend positiv ist. Von der anderen Gruppe wurde argumentiert, dass die Rolle von Gentransfer bisher nur in Kurzzeitversuchen bestimmt wurde, dass die Rolle von Gentransfer über einen längeren Zeitraum aber unbekannt ist. Des Weiteren könnte persistente DNS auch dazu dienen, Verursacher von Gendrift herauszufinden.

#### **13.5. Flächen**

Im Rahmen der Diskussion, welche Flächen in ein Langzeitmonitoring eingeschlossen werden sollten, herrschte Einigkeit, dass sowohl Agrarflächen als auch Flächen aus anderen Ökosystemen (z. B. Natur- bzw. Biotopschutzflächen) in die Untersuchungen miteinbezogen werden sollten. Agrarflächen könnten den Vorteil bieten, dass primäre

Effekte früher auftreten. Da durch Auskreuzen oder Gendrift aber auch andere Ökosysteme betroffen sein könnten, die aufgrund ihrer veränderten Diversität empfindlicher reagieren, sind auch solche Flächen von großer Bedeutung für die Aussagekraft von Monitoringprogrammen (sekundäre Effekte). In beiden Fällen gilt es, geeignete Referenz- und Kontrollflächen zu definieren und die „Baseline“ für Effekte zu definieren.

Da Strategien für Langzeitmonitoringprogramme auch durchführbar und finanzierbar sein müssen, wurde der Vorschlag gemacht, bestehende Monitoringprogramme im Bereich Boden- und Naturschutz zu integrieren. Ein solches Vorgehen hätte auch zur Folge, dass auf einen bestehenden Datensatz zurückgegriffen werden könnte .

## 14. Qualitätsziele und Handlungskriterien

### Das Protokoll von Cartagena über die biologische Sicherheit und seine Auswirkungen auf Politikentscheidungen in Entwicklungsländern

*Dr. Hartmut Meyer,*

*Berater Biologische Sicherheit/Umsetzung des Cartagena-Protokolls, GTZ,*

*Kleine Wiese 6, 38116 Braunschweig, Tel.: 0531/ 5168746, E-Mail: hmeyer@ngi.de*

#### 14.1. Einleitung

Im Januar 2000 wurde das Protokoll von Cartagena über die biologische Sicherheit (Cartagena Protocol on Biosafety, CPB) als völkerrechtlich verbindliches Protokoll des Übereinkommens über die biologische Vielfalt (Convention on Biological Diversity, CBD) verabschiedet; es ist mittlerweile von über 100 Staaten unterzeichnet worden. Das CPB setzt Mindeststandards bezüglich der Risikobewertung und Entscheidungsfindung im Zuge des Importes von gentechnisch veränderten Organismen als Saatgut sowie Nahrungs- und Futtermittel.[1] Aus verhandlungshistorischen Gründen spricht das CPB von „lebenden veränderten Organismen“, deren Definition aber mit der allgemein üblichen von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) übereinstimmt. Im Folgenden spricht dieser Text von GVO.

Einige fortschrittliche umweltjuristische Elemente haben dem Cartagena-Protokoll weltweite Beachtung gesichert[2]:

- formale Gleichstellung des Protokolls mit den Abkommen der Welthandelsorganisation (Präambel),
- Operationalisierung des Vorsorgeprinzips europäischer Prägung
  - als Entscheidungsgrundlage staatlicher Genehmigungsverfahren im Bereich GVO-Import (Art. 10.6 & 11.8),
  - sowie als Leitlinie für die Interpretation der Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Risikoanalyse (Anlage III 4.),
- Feststellung, dass Staaten sozioökonomische Beweggründe in ihre Entscheidungen über einen Import von GVO berücksichtigen dürfen (Art. 26).

Die Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit führt derzeit ein Biosafety-Capacity-Building-Programm des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung durch, das Entwicklungsländern bei der Umsetzung des Cartagena-Protokolls unterstützen wird.[3]

## **14.2. Relevanz des Cartagena-Protokolls im Bereich „Monitoring von GVO“ und „Qualitätsziele und Handlungskriterien“**

In den Bereichen „Monitoring von GVO“ sowie „Qualitätsziele und Handlungskriterien“ bleibt die Rahmensetzung des Cartagena-Protokolls auf den ersten Blick sehr konservativ: Die Sicherheitsbeurteilung eines GVO und damit der naturwissenschaftliche Beitrag zur Genehmigungsprozedur vollzieht sich nach dem Muster der Risikoanalyse, wie sie sich für die Beurteilung von GVO weltweit etabliert hat. In dieser Form der Risikoanalyse werden Elemente wie Qualitätsziele nicht berücksichtigt.

Nun ist aber das Cartagena-Protokoll ein Protokoll der CBD, die ihrerseits als umweltpolitisches Vertragswerk nicht Risikoanalysen, sondern Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) als Grundlagen staatlicher Genehmigungen vor allem für staatliche Großprojekte vorsieht. Innerhalb des Instrumentes UVP sind eine Vielzahl von Aktivitäten möglich, die über den Rahmen einer Risikoanalyse hinausgehen, wie zum Beispiel Beteiligung der Öffentlichkeit, Untersuchung von Alternativen und eben auch die Aufstellung von Qualitätszielen. In zahlreichen Mitgliedsstaaten der CBD werden inzwischen die UVP als umweltpolitische Instrumente eingeführt. Beispiele für Entwicklungsländer, die UVP auch bei der Beurteilung von GVO einsetzen, sind selten. Meines Wissens plant allein Brasilien derzeit eine entsprechende Verknüpfung.

Ein Monitoring von zugelassenen GVO sieht das CPB nicht vor. Die Formulierung des Artikels 16:

- (4) Unbeschadet des Absatzes 2 bemüht sich jede Vertragspartei, sicherzustellen, dass jeder eingeführte oder im Land selbst entwickelte lebende veränderte Organismus erst nach einem angemessenen Beobachtungszeitraum, der seinem Lebenszyklus oder seiner Generationsdauer entspricht, seiner bestimmungsgemäßen Verwendung zugeführt wird.

kann nicht als Auftrag des CPB an seine Mitgliedsstaaten interpretiert werden, Monitoring zwingend einzuführen. Entsprechende gesetzgeberische Aktivitäten bleiben der nationalen Initiative überlassen.

### **14.2.1. Risikoanalysen und GVO**

In den USA wurden von Ende der 60er- bis Ende der 70er-Jahre zahlreiche vorbeugende Gesundheits- und Umweltschutzentscheidungen getroffen. Als entscheidender Wendepunkt und als Auswirkung einer politischen Umorientierung unter der Reagan-Regierung gilt das Urteil des US-Supreme-Court im Benzen-Fall [4], in dem in einer 5:4-Entscheidung festgestellt wird, dass die Occupational-Safety and Health-Administration Schadstoffgrenzwerte nicht auf der Basis von Vermutungen und unbestimmten Risiken erlassen darf, sondern nur nach Darlegung eines signifikanten Risikos. Dieses Urteil und ein bald darauf publiziertes Handbuch der National Academy of Sciences [5] leiteten die nunmehr seit 20 Jahren bestehende Phase der „quantitativen

Risikoanalyse“ ein. In den USA ist es zudem übliche Praxis, die Ergebnisse staatlicher Genehmigungsverfahren oder das Erlassen von Umweltschutzaufgaben für industrielle Projekte vor Gericht anzufechten und im Gegensatz z. B. zur Situation in Deutschland letztlich Richter über Maßnahmen des Umweltschutzes entscheiden zu lassen.

Parallel zu dieser Entwicklung wurden in den USA die Methoden der Gentechnologie erarbeitet, die Ausbildung zahlreicher europäischer Experten erfolgte ebenfalls in den USA. Parallel mit dem neuen methodischen Wissen wurde auch das US-Modell der quantitativen Risikoanalyse als Grundlage für behördliche Entscheidungen im Umwelt- und Gesundheitsschutz importiert. Anfänglich konzentrierte sich die Risikodiskussion auf Gesundheitsgefährdungen durch Forschungs- und Entwicklungslabore. So wurden die ersten deutschen Richtlinien nach US-amerikanischem Vorbild im Forschungsministerium erarbeitet. Als federführendes Ministerium für die Gentechnik-Gesetzgebung und ihre Durchführung wurde schließlich das Bundesgesundheitsministerium eingesetzt. Im Bereich Freisetzung und ökologische Risikoabschätzung fungiert das Umweltbundesamt als Einvernehmensbehörde.

#### **14.2.2. Umweltverträglichkeitsprüfungen und GVO**

Im Gegensatz zur Bundesrepublik wurde auf europäischer Ebene beschlossen, Gesetzgebung im Bereich Gentechnologie in die umweltpolitische Gesetzgebung einzu binden. Die Versuche, das US-amerikanische Modell der Risikoanalyse als Entscheidungsgrundlage für die Freisetzungsgenehmigungen von GVO mit den europäischen umweltpolitischen Grundsätzen – wie dem Vorsorgeprinzip und den Instrumenten der Umweltverträglichkeitsprüfung – zu verbinden, bildeten die Grundlage für langjährige Konflikte zwischen den verschiedenen Interessensgruppen und mündeten schließlich in einer umfassenden Revision des europäischen Rechtsrahmens für die Freisetzung und Inverkehrbringung von GVO.

Die neue Freisetzungsrichtlinie 2001/18 wendet allgemeingültige umweltpolitische Instrumente auf Genehmigungsverfahren für GVO an.[6] Unter Umweltverträglichkeitsprüfung wird die „Bewertung der direkten oder indirekten, sofortigen oder späteren Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt, die mit der absichtlichen Freisetzung oder dem Inverkehrbringen von GVO verbunden sein können“ verstanden. Damit wird der Untersuchungsumfang gegenüber der klassischen Risikoanalyse entscheidend verbreitert. Zudem basiert die neue Richtlinie 2001/18 explizit auf dem Vorsorgeprinzip, welches im Artikel 174 (2) des Vertrages zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft als Richtlinie umweltpolitischen Handelns verankert wurde:

Die Umweltpolitik der Gemeinschaft zielt unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Gegebenheiten in den einzelnen Regionen der Gemeinschaft auf ein hohes Schutzniveau ab. Sie beruht auf den Grundsätzen der Vorsorge und Vorbeugung, auf dem Grundsatz, Umweltbeeinträchtigungen mit Vorrang an ihrem Ursprung zu bekämpfen, sowie auf dem Verursacherprinzip. [7]

Diese Integration umweltpolitischer Vorgaben in die Gesetzgebung bezüglich GVO dauerte in der EU über zehn Jahre. Das Cartagena-Protokoll als erster internationaler Vertrag über den Umgang mit den Risiken der Gentechnologie wurde zwar zeitlich parallel zur Umorientierung der EU-Gentechnikgesetzgebung verhandelt, die entscheidenden Akteure, einschließlich der EU-Delegierten, nahmen diese neuen Impulse aber nicht auf, sondern verhandelten einen Vertrag, der wie die frühe EU-Gesetzgebung widersprüchliche Instrumente und Grundsätze aufweist.

### **14.3. Neue Qualitätsziele und Handlungskriterien – Möglichkeiten unter dem Cartagena-Protokoll**

#### **14.3.1. Antibiotikaresistenzgene**

In den Verhandlungen wurde von Norwegen in Anlehnung an die eigene Genehmigungspraxis versucht, das Vorhandensein von Antibiotikaresistenzgenen in GVO als Ausschlusskriterium für den Import von GVO einzuführen. Dieser Vorstoß fand keine Mehrheit, resultierte aber in einer Formulierung, die die Einführung von Ausschlusskriterien aufgrund eines Beschlusses der Vertragsstaatenkonferenz erlaubt (Art. 16(5)):

Die Vertragsparteien arbeiten zusammen, um

- a) lebende veränderte Organismen oder bestimmte Merkmale lebender veränderter Organismen zu identifizieren, die nachteilige Auswirkungen auf die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt haben können, wobei auch Risiken für die menschliche Gesundheit zu berücksichtigen sind, und
- b) geeignete Maßnahmen zur Handhabung solcher lebenden veränderten Organismen oder bestimmten Merkmale zu ergreifen.

Es bleibt abzuwarten, ob nach der Ratifizierung des Cartagena-Protokolls Staaten diese Option nach Art. 16(5) nutzen, um in den Vertragsstaatenkonferenzen entsprechende Beschlüsse zu erwirken. Dabei ist zu beachten, dass die Beschlüsse dieses Gremiums einstimmig verabschiedet werden müssen.

#### **14.3.2. Biologische Ursprungs- und Vielfaltszentren**

Es gab einzelne Versuche, den Schutz von Ursprungs- und Vielfaltszentren vor dem Einwandern von Transgenen als eines der Ziele des Protokolls zu etablieren. Mexiko versuchte während den Verhandlungen des CBD entsprechende Vorschläge auf wissenschaftlich-technischer Ebene zu verankern. Als Mitglied der OECD und der NAFTA zeigten die politischen Vertreter Mexikos allerdings keine entsprechenden Aktivitäten. Mexikos Vorstöße wurden zudem von Delegierten anderer Staaten nicht aufgegriffen; die Gründe für dieses Verhalten blieben unklar. Letztlich wird das Thema Ursprungs- und Vielfaltszentren im CPB nur kurz in der Präambel angesprochen:

Die Vertragsparteien dieses Protokolls - [...]

ferner in Anerkennung der entscheidenden Bedeutung von Ursprungszentren und Zentren genetischer Vielfalt für die Menschheit;

[...] sind wie folgt übereingekommen: [...]

#### **14.3.2.1. Der Fall Mexiko**

Seit 1988 wurden in Mexiko 34 Anträge zur Freisetzung von transgenem Mais genehmigt. 1998 erließ das mexikanische Ministerium für Landwirtschaft ein Moratorium über die Freisetzung und den Anbau von transgenem Mais, um aufgrund mangelnder wissenschaftlicher Erkenntnis einer Verunreinigung von Teosinte und ursprünglichen Mais-Landsorten durch Transgene im Vielfalts- und Ursprungszentrum vorzubeugen.[8] Der Import von transgenem Mais als Lebens- und Futtermittel sowie als Saatgut wurde allerdings nicht reguliert.

Anfang September 2001 wurde bekannt, dass Verunreinigungen mexikanischer Maisarten durch Auskreuzung von Transgenen in Landsorten stattgefunden haben [9]. Die Testergebnisse einer kalifornischen Forschungsgruppe werden inzwischen kontrovers diskutiert, nach unveröffentlichten Arbeitsergebnissen, z.B. des CIMMYT, konnten in anderen Proben keine Transgene festgestellt werden.[10] Allerdings fehlt bis heute eine offizielle Erklärung der mexikanischen Regierung zur Bewertung dieser Vorgänge. Der Leiter des Forschungszentrums CINVESTAV, das selbst transgenen Mais züchtet und freisetzt, wird in zahlreichen Diskussionsbeiträgen mit der Äußerung zitiert, es gäbe keine Beweise für eine Schädigung der biologischen Vielfalt, ohne dass CINVESTAV eine offizielle Erklärung auf seiner Homepage darbietet.[11]

Im Dezember 2001 forderte das mexikanische Parlament die Regierung auf, den Import transgenen Mais' zu untersagen. In dem Biosafety-Capacity-Building-Projekt, das Mexiko durch die Förderung der UNEP und des GEF, dem Finanzierungsfond der Weltbank für Umweltabkommen, durchführt, soll versucht werden, eine Expertise aufzubauen, die eine umfassende Analyse des Einflusses von GVO in Ursprungs- und Vielfaltszentren ermöglicht. Dieses Projekt hätte Modellcharakter für andere Staaten, in denen sich solche Zentren befinden.

#### **14.3.3. Sozioökonomische Untersuchungen**

Das Cartagena-Protokoll betont aber einen völlig neuen Ansatz, Qualitätsmerkmale in die Genehmigungsverfahren von GVO aufzunehmen. Nach Art. 26 „Sozioökonomische Erwägungen“ können die Vertragsparteien

„bei ihrer Entscheidung über eine Einfuhr [...] im Einklang mit ihren internationalen Verpflichtungen sozioökonomische Erwägungen berücksichtigen, die sich aus den Auswirkungen lebender veränderter Organismen auf die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt, insbesondere im Hinblick auf den

Wert der biologischen Vielfalt für einheimische und örtliche Siedlungsgemeinschaften, ergeben.“

Als relevante Entscheidungskriterien werden die Auswirkungen von GVO auf Zentren der genetischen und biologischen Vielfalt oder auch auf die Lebensgrundlagen von indigenen Völkern und Kleinbauern diskutiert. Die Feststellung wird einerseits als trivial bezeichnet, da es keinem Staat verboten ist, solche Kriterien einzuführen und das CPB keinerlei verbindliche völkerrechtliche Vorgaben erlässt. Andererseits war die Aufnahme sozioökonomischer Kriterien in die Entscheidungsfindung über den GVO-Import von Anfang an ein Anliegen der Entwicklungsländer, das sie gegen alle Industriestaaten vehement verteidigt haben. Insofern ist allein schon die Erwähnung des Begriffes im Vertragstext als Erfolg zu werten.

Das Cartagena-Protokoll selbst gibt keine Hinweise darauf, welche weiteren wissenschaftlichen Methoden neben der naturwissenschaftlichen Risikoanalyse zum Erarbeiten von Kriterien zur Entscheidungsfindung geeignet sind. Dieses Manko ist zahlreichen Entwicklungsländern bewusst. In Rahmen der deutschen Biosafety-Capacity-Building-Initiative haben einige Antragsteller bereits Unterstützung für die Durchführung von Programmen zum Aufbau von nationaler Expertise in sozioökonomischen Fragestellungen beantragt.

#### **14.4. Aktuelle Politik von Entwicklungsländern bezüglich der Einführung von GVO**

Zahlreiche Entwicklungsländer fördern aufgrund sozioökonomischer Überlegungen die Entwicklung von GVO. Einige Entwicklungsländer haben aufgrund ökologischer und ebenfalls sozioökonomischer Bedenken vorsichtige oder ablehnende Haltungen gegenüber GVO entwickelt. Die folgende Abbildung gibt einen ersten Überblick über die unterschiedlichen Vorgehensweisen und deren generelle Beweggründe.

Gentechnik-Politik	Beweggründe
<b>unterstützend</b> <b>(z. B. Südafrika, Kenia, Malaysia)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Öffnung der Landwirtschaft für cash-crops</li> <li>• Ziel von Technologieprojekten der Bio-/Gentechnikindustrie</li> <li>• Aufbau einer eigenen Bio-/Gentechnikindustrie und -</li> </ul>
<b>widersprüchlich</b> <b>(z. B. Bolivien, Thailand, Philippinen, Mexiko)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <sup>forschung</sup> Zentren biologischer Vielfalt / genetischen Ursprungs für Nutzpflanzen</li> <li>• Starke konkurrierende gesellschaftliche Kräfte aus Wissenschaft, Landwirtschaft, Zivilgesellschaft</li> </ul>
<b>ablehnend</b> <b>(z. B. Äthiopien, Algerien, Kroatien)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbau basis- und biodiversitätsorientierter Landbausysteme</li> <li>• Schutz der biologischen Vielfalt und des biologischen Landbaus</li> <li>• Wahrung von Chancen auf dem GVO-freien Lebensmittelmarkt</li> </ul>

Abbildung 14.1.: *Unterschiedliche Positionen von Entwicklungsländern bezüglich des Einsatzes von GVO in Landwirtschaft und Nahrungsmittelproduktion*  
 [12]

#### 14.4.1. Thailand – Marktchancen steigern

Das thailändische Economic-Ministers-Council-Meeting verkündet am 19.10.1999, dass das Landwirtschaftsministerium eine Liste mit 40 gentechnisch veränderten Pflanzen erstellt hat, deren Import außer für wissenschaftliche Zwecke verboten ist, darunter Reis, Mais, Soja und Kartoffeln. Die seinerzeit in Freisetzungsversuchen getesteten GVO dürfen nicht vermarktet werden. In einer Grundsatzerklärung vom 26.2.2001 legt der Premierminister dar, dass diejenigen Anwendungen der landwirtschaftlichen Biotechnologie – gemeint ist vermutlich Gentechnologie – unterstützt werden, die die Produktivität, Qualität und den Produktstandard erhöhen sowie auf den internationalen Märkten akzeptiert sind. Am 3.4.2001 weist er das Landwirtschaftsministerium an, alle Freisetzungsversuche (Bt-Mais und Bt-Baumwolle) zu stoppen. Thai-

land hat gleichzeitig erfolgreich Saudi Arabien vor der WTO wegen unzulässiger Handelshemmnisse verklagt, nachdem Saudi Arabien den Import thailändischer Thunfischkonserven mit Öl aus gentechnisch veränderten Sojabohnen verboten hat.

#### **14.4.2. Bolivien – Marktchancen steigern/biologische Vielfalt sichern**

In einem Erlass vom 8.1.2001 verbietet die bolivianische Regierung für ein Jahr den Import aller Produkte aus gentechnisch veränderten Pflanzen, um seine Marktchancen auf den internationalen Märkten zu erhalten und um Gesundheitsschäden auszuschließen. In einem Hintergrundpapier wird zudem auf die Gefährdung der biologischen Vielfalt durch GVO hingewiesen. Freisetzungsversuche mit nematodenresistenten Kartoffeln im Rahmen eines Entwicklungshilfeprojektes aus Großbritannien werden nach Protesten von Umwelt- und Landwirtschaftsorganisationen sowie der Bevölkerung untersagt. Eine beabsichtigte Festschreibung des Importverbotes als Gesetz wurde nach Androhung von Maßnahmen innerhalb der WTO durch Argentinien auf unbestimmte Zeit verschoben. Argentinien pflanzt inzwischen zu 90% transgenes Soja an.

#### **14.4.3. Algerien – biologische Vielfalt sichern/biologischen Landbau fördern**

In einem Erlass vom 24.12.2000 verfügt das algerische Landwirtschaftsministerium ein Verbot des Imports, der Vermarktung und der Verwendung von Material von gentechnisch veränderten Pflanzen, um Risiken für das pflanzengenetische Erbe auszuschalten und um die Voraussetzungen für eine Förderung des biologischen Anbaus zu schaffen.

#### **14.4.4. Kroatien – Marktchancen steigern/biologischen Landbau fördern, Tourismuswerbung**

Die kroatische Regierung bereitet ein Gesetz vor, das den Import von GVO und deren Produkten außer zu medizinischen Zwecken untersagt, um die Gesundheit der Bevölkerung sowie Natur und Umwelt zu schützen. In landesweiten Plakataktionen wird zudem für einen Urlaub im GVO-freien Kroatien geworben. Laut Äußerungen aus den Ministerien möchte sich Kroatien zudem den EU-Markt offen halten und den biologischen Landbau fördern, für beide Ziele wäre der Import und mögliche Anbau von GVO hinderlich.

### **14.5. Schlussfolgerungen**

Die Bedeutung des Cartagena-Protokolls für die Entwicklung neuer Handlungskriterien oder Qualitätsziele im Bereich der Zulassung von GVO liegt nicht in einer Vorgabe konkreter Anweisungen, sondern in seiner Funktion als Türöffner für wissenschaftliche Analysemethoden und Expertisen, die neben molekularbiologischen Methoden und

Betrachtungsweisen weitere Schwerpunktsetzungen aufweisen können. Ferner legt das CPB verbindlich das Primat der Politik und die besondere Bedeutung der Konsultation der Öffentlichkeit in Importentscheidungen fest.

Das CPB dient schon jetzt einigen Staaten als Begründung für restriktive Maßnahmen gegenüber GVO. Diese Entscheidungen wurden weitgehend als Ausdruck des Vorsorgeprinzips gefällt, da in den entsprechenden Staaten keine (ausreichenden) Kapazitäten zur wissenschaftlichen und politischen Beurteilung der Folgen einer GVO-Einführung in dem jeweiligen Staat mit seinen Ökosystemen und seiner Gesellschaft vorhanden sind. In den nächsten Jahren soll in verschiedenen Biosafety-Capacity-Building-Programmen, unter anderem durch die Bundesregierung, versucht werden, diese Defizite abzubauen.

Aufgrund der aktuellen politischen Entscheidungen ist zu erwarten, dass im Bereich der ökologischen Risikoabschätzung die Expertise der EU international eine dominierende Rolle einnehmen könnte. Die gesetzlichen Grundlagen in der EU schließen aber weiterhin sozio-ökonomische Kriterien im Zuge der Genehmigungsverfahren für GVO aus, während in zahlreichen Entwicklungsländern eine Bereitschaft zu erkennen ist, diese Kriterien zu berücksichtigen. Sollte sich dort dieser Trend durchsetzen, könnten Entwicklungsländer in Zukunft Orte für Expertisen im Bereich sozioökonomischer Auswirkungen von GVO werden.

#### **14.6. Literatur und weitere Quellen**

1. Informationen zum Cartagena-Protokoll über die biologische Sicherheit sind auf der Internetseite des Sekretariats des Übereinkommens über die biologische Vielfalt abzurufen: <http://www.biodiv.org/biosafety>
2. Protokoll von Cartagena über die biologische Sicherheit zum Übereinkommen über die biologische Vielfalt zwischen Deutschland, Österreich, der Schweiz und der EU-Kommission; abgestimmte Endfassung (Stand: 15. Mai 2001)

Präambel:

Die Vertragsparteien dieses Protokolls – [...] in der Erkenntnis, dass sich Handels- und Umweltübereinkünfte wechselseitig stützen sollten, um eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen; in Bekräftigung der Tatsache, dass dieses Protokoll nicht so auszulegen ist, als bedeute es eine Änderung der Rechte und Pflichten einer Vertragspartei aufgrund geltender völkerrechtlicher Übereinkünfte; in dem Verständnis, dass vorstehender Beweggrund nicht darauf abzielt, dieses Protokoll anderen völkerrechtlichen Übereinkünften unterzuordnen – sind wie folgt übereingekommen:

Artikel 10

(6) Ist wegen unzureichender einschlägiger wissenschaftlicher Daten und Kenntnisse der Umfang möglicher nachteiliger Auswirkungen eines lebenden veränderten Organismus auf die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Viel-

falt im Gebiet der einführenden Vertragspartei wissenschaftlich nicht sicher nachzuweisen, wobei auch Risiken für die menschliche Gesundheit zu berücksichtigen sind, so hindert dies diese Vertragspartei nicht daran, hinsichtlich der Einfuhr des betreffenden lebenden veränderten Organismus gegebenenfalls eine Entscheidung im Sinne des Absatzes 3 zu treffen, um derartige mögliche nachteilige Auswirkungen zu verhindern oder auf ein Mindestmaß zu beschränken.

#### Artikel 11

11(8) ist nahezu wortgleich wie 10(6), bezieht sich aber auf lebende veränderte Organismen, die zur unmittelbaren Verwendung als Lebens- oder Futtermittel oder zur Verarbeitung vorgesehen sind. [Fortsetzung S. 92]

#### Anlage III

4. Liegen unzureichende wissenschaftliche Kenntnisse vor oder besteht kein wissenschaftlicher Konsens, so ist dies nicht zwangsläufig als besonderes, nicht vorhandenes oder annehmbares Risiko auszulegen.

#### Artikel 26

(1) Bei ihrer Entscheidung über eine Einfuhr nach diesem Protokoll oder nach ihren innerstaatlichen Vorschriften zur Durchführung dieses Protokolls können die Vertragsparteien im Einklang mit ihren internationalen Verpflichtungen sozioökonomische Erwägungen berücksichtigen, die sich aus den Auswirkungen lebender veränderter Organismen auf die Erhaltung und nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt, insbesondere im Hinblick auf den Wert der biologischen Vielfalt für einheimische und örtliche Siedlungsgemeinschaften, ergeben.

3. BMZ, 2000. Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern zur Umsetzung des Cartagena-Protokolls über biologische Sicherheit. BMZ spezial, Nr. 020, Oktober 2000. E-Mail: <http://www.bmz.de/medien/spezial/index.html>
4. INDUSTRIAL UNION DEPT. v. AMERICAN PETROL. INST., 448 U.S. 607 (1980). E-Mail: <http://www.caselaw.lp.findlaw.com/scripts/getcase.pl?navby=case&court=US&vol=448&invol=607>
5. National Research Council, 1983. Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process, National Academy Press, Washington, DC, 191 S.
6. Richtlinie 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. Europäisches Amtsblatt, Nr. L 106 vom 17.04.2001, 1 - 39. E-Mail: [http://www.europa.eu.int/eur-lex/ge/lif/dat/2001/ge\\_301L0018.html](http://www.europa.eu.int/eur-lex/ge/lif/dat/2001/ge_301L0018.html)
7. Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft. Europäisches Amtsblatt, Nr. C 340 vom 10.11.1997, 173-308. E-Mail: <http://www.europa.eu.int/eur-lex/de/treaties/livre241.html>

8. National Commission on Biosafety and Genetically Modified Organisms, 2001. Capacity building for Implementation of the Cartagena Protocol. [http://www.gefweb.org/Documents/Council\\_Documents/GEF\\_C18/Mexico\\_Cartagena\\_Protocol\\_Biosafety.pdf](http://www.gefweb.org/Documents/Council_Documents/GEF_C18/Mexico_Cartagena_Protocol_Biosafety.pdf)
9. Rex Dalton, 2001. Transgenic corn found growing in Mexico. *Nature* 413, 365. David Quist, Ignacio H. Chapela, 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 414, 541-543.
10. John Hodgson, 2002. Doubts linger over Mexican corn analysis. *Nature Biotechnology* 20 (1), 3-4.
11. <http://www.ira.cinvestav.mx/>
12. Die Quellen, auf denen Kapitel 14.4 beruht, liegen zum größten Teil als elektronische Dokumente oder Faxkopien vor und können bei Bedarf beim Autor angefordert werden.

## 15. Umweltqualitätsziele unter dem Aspekt des Vorsorgeprinzips

*Dr. Kerstin Hund-Rinke und Dr. Monika Herrchen,  
Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie,  
Auf dem Aberg 1, 57392 Schmallenberg, Tel.: 02972/ 302-266  
E-Mail: [hund-rinke@ime.fraunhofer.de](mailto:hund-rinke@ime.fraunhofer.de);  
E-Mail: [monika.herrchen@ime.fraunhofer.de](mailto:monika.herrchen@ime.fraunhofer.de)*

### 15.1. Einführung

Die Begriffe „Vorsorge“ und „Vorsorgeprinzip“ werden seit vielen Jahren im Zusammenhang mit der Ableitung von Grenz- und Triggerwerten in der Stoffgesetzgebung angewandt. Dort werden die beiden Begriffe jedoch nicht notwendigerweise einheitlich verwendet. Vielmehr ist zu unterscheiden zwischen einem Handeln aus „Vorsicht“ und einem Handeln aus „Unsicherheit“.

Bei ersterem liegt ein prinzipiell begründeter Verdacht vor und es wird Vorsorge getroffen, damit keine schädlichen Auswirkungen entstehen. Dabei sind Begriffe wie „Risiko“, „Schaden“ und „Unsicherheiten/Sicherheiten von Aussagen“ verknüpft. Hierzu hat auch der Wissenschaftliche Lenkungsausschuss der EU Stellung genommen und definiert, dass "die Wissenschaft angeben muss, mit welcher Unsicherheit die vorliegenden Daten zum Risiko ausreichen, um die Schlussfolgerung ziehen zu können, dass es tatsächliche Auswirkungen gibt".

Ein Handeln aus Unsicherheit bedeutet, dass keine eindeutigen Aussagen bezüglich einer Gefährdung vorliegen, beispielsweise durch Analogieschlüsse jedoch angenommen werden kann, dass Beeinträchtigungen nicht auszuschließen sind (spekulatives bzw. hypothetisches Risiko). In diesem Zusammenhang wird deutlich, dass der Begriff „Risiko“ unterschiedlich gebraucht und folglich klassifiziert werden kann. „Risiko“ im naturwissenschaftlichen Bereich bedeutet „die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer nachteiligen Konsequenz, einer nachteiligen Auswirkung aufgrund einer menschlichen Aktivität, zum Beispiel dem Eintrag von Chemikalien in die Umwelt.“ Dabei wird mit steigender Sicherheit zwischen spekulativem, hypothetischem, angenommenen und tatsächlichem Risiko unterschieden. Im Einzelnen wird hierunter verstanden:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| Spekulatives Risiko:   | Gefahren werden vermutet, sind aber nicht ermittelt und charakterisiert; Handlungen beschränken sich auf Informationsbeschaffung,                                  |
| Hypothetisches Risiko: | Plausible Hypothesen mit Hinweisen für eine Besorgnis liegen vor; die Datenlage lässt jedoch noch nicht den Schluss zu, dass reale Gefahren wirklich gegeben sind, |

**Angenommenes Risiko:** Die Informationslage führt dazu, dass eine Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens gegeben sein könnte; die Wahrscheinlichkeit, dass ein Schaden eintritt, kann jedoch nicht quantifiziert werden,

**Tatsächliches Risiko:** Die Informationslage erlaubt die Quantifizierung des Schadenseintritts.

Kann die Wissenschaft quantifizieren oder halb-quantitativ beschreiben, mit welcher Unsicherheit vorliegende Daten zum Risiko behaftet sind, und kristallisiert sich heraus, dass eine signifikante Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Schadens gegeben ist, sind Risikominderungsmaßnahmen zu ergreifen, was die Aufgabe des Risiko-Managers, nicht des Wissenschaftlers, ist. Dabei sind eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen. Neben wissenschaftlichen Aspekten spielen beispielsweise auch Kosten-Nutzen-Abwägungen eine Rolle.

Im Folgenden werden eine Reihe von Beispielen für die Ableitung von Qualitätsstandards unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips vorgestellt.

## **15.2. Beispiele für die Ableitung von Qualitätsstandards unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips**

### **15.2.1. Aquatischer Bereich: Stoffbeurteilung**

#### **15.2.1.1. OSPAR-Strategie**

In der OSPAR-Konvention zum Schutz der marinen Umwelt des Nord-Ost-Atlantiks, die am 25.03.1998 in Kraft trat, heißt es: The objective of the Commission with regard to hazardous substances is to prevent pollution of the maritime area by continuously reducing discharges, emissions and losses of hazardous substances with the ultimate aim of achieving concentration in the marine environment near background values for naturally occurring substances and close to zero for man-made synthetic chemicals." Indem die Konzentrationen an organischen Chemikalien in den Bereich der Hintergrundwerte und Konzentrationen an Schwermetallen nahe Null angestrebt werden, wird das Vorsorgeprinzip sehr restriktiv gehandhabt. Zur Identifizierung von Stoffen, die unter diese Konvention fallen sollten, wurde eine Reihe von Kriterien definiert: So haben gefährliche intrinsische Stoffeigenschaften und die Möglichkeit der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit vorzuliegen, starke Hinweise bezüglich eines Risikos für die marine Umwelt zu bestehen und die Stoffe in marine Kompartimente eingetragen sowie in einem oder mehreren marinen Kompartimenten gefunden zu werden. Dabei wird unter anderem Bezug auf das Risiko genommen, in dem starke Hinweise („strong evidence“) für ein Risiko vorzuliegen haben, was bedeutet, dass mit der Aussage eine geringe Unsicherheit verbunden zu sein hat.

### 15.2.1.2. Ableitung von Qualitätsstandards für Oberflächengewässer

Ziel der EU-Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG vom 23. Oktober 2000 ist die Erhaltung und die Verbesserung der aquatischen Umwelt in der EU, wobei der Schwerpunkt auf der Gewässergüte liegt. Als Schutzziele gelten die aquatische Lebensgemeinschaft, Trinkwasser und Biota, wobei in Artikel 16 (7) festgeschrieben ist, dass die Kommission Qualitätsnormen für die Konzentrationen von prioritären Stoffen in Oberflächenwasser, Sedimenten oder Biota vorschlägt. Im Gegensatz zur Herangehensweise bei der OSPAR-Strategie werden in diesem Fall stoffbezogene, d.h. für jeden Stoff spezifische Qualitätsstandards abgeleitet. Die Basis ist ebenfalls eine Form der Risikoabschätzung, wobei Unsicherheiten bezüglich des Auftretens von schädlichen Veränderungen berücksichtigt werden. Im Allgemeinen wird der höchste Qualitätsstandard, d.h. die niedrigste anzustrebende Konzentration der einzelnen Schutzziele als Gesamtstandard verwendet. Zur Erreichung der Qualitätsstandards werden Emissionsminderungsmaßnahmen durchgeführt.

Die Ableitung von Qualitätsstandards für Oberflächengewässer mit dem Schutzziel „Aquatische Lebensgemeinschaft“ soll am Beispiel „Organische Chemikalien“ näher erläutert werden. In Abhängigkeit von der Datengrundlage sind drei verschiedene Herangehensweisen zu unterscheiden.

#### 15.2.1.2.1. Anwendung von Extrapolationsfaktoren (Faktorenmodell FAME)

Die Anwendung der Faktorenfunktion erfolgt bei geringem Datenumfang. In Abhängigkeit der Anzahl und der Qualität der zur Verfügung stehenden Daten wird das niedrigste valide Ökotox-Ergebnis jeder Organismengruppe (z.B. Algen) durch einen entsprechenden Extrapolationsfaktor dividiert und somit der Konzentrationswert (z.B. mg/l) entsprechend erniedrigt. In Tabelle 15.1 sind die Extrapolationsfaktoren nach EU [1] aufgeführt. Die niedrigste anzustrebende Stoffkonzentration gilt als Qualitätsstandard.

Tabelle 15.1.: Extrapolationsfaktoren nach EU [1]

Datengrundlage	Extrapolationsfaktor
L(E)C <sub>50</sub> , Kurzzeittest	1000
NOEC für einen längerfristigen Test	100
NOEC für zwei längerfristige Tests von zwei trophischen Ebenen	50
NOEC für drei längerfristige Tests von drei trophischen Ebenen	10
Daten aus Freiland- oder Modellökosystemen	Fallweise Entscheidung

### 15.2.1.2.2. Anwendung der Empfindlichkeitsverteilungsfunktion

Bei der Anwendung von Verteilungsmodellen wird von folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Die Sensitivität von Organismen eines Ökosystems gegenüber einer Substanz weist eine statistische Verteilung auf, die der Normalverteilung sehr ähnlich ist.
- Die Testorganismen müssen bezüglich der trophischen Ebenen (Produzenten, Saprophyte, Prädatoren) und taxonomischen Gruppen (z.B. Algen, Fische) das zu bewertende Ökosystem repräsentieren.
- Der Schutz eines Ökosystems vor negativen Stoffwirkungen wird als gegeben angesehen, wenn ein definierter Anteil der Arten des Systems vor dem Auftreten von Effekten geschützt sind. Auf diese Weise soll die Funktion des Ökosystems durch den Schutz der Struktur der Biozönose gesichert sein.

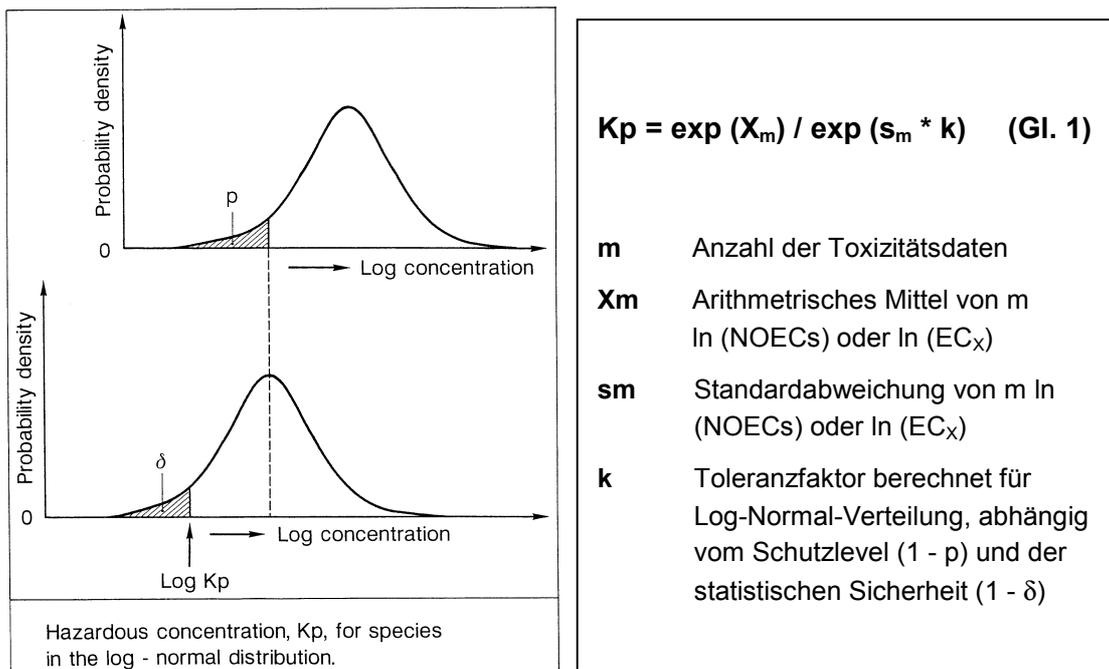


Abbildung 15.1.: Darstellung des Verteilungsmodens DIBAEX zur Berechnung der Gefahrenkonzentration „ $K_p$ “ für den Schutz eines gewählten Anteils der vorkommenden Arten im Ökosystem [2].

Die Anwendung der Empfindlichkeitsverteilungsfunktion kann bei Substanzen erfolgen, zu denen zahlreiche ökotoxikologische Daten über unterschiedlichste Organismen vorliegen (Substanzen mit hoher Datendichte). Für die Anwendung des Vorsorgeprinzips sollen in Abhängigkeit von den NOEC-Werten  $(1-p) * 100\%$  der Arten (häufig 95%) vor

dem Überschreiten des betrachteten Effekts mit einer statistischen Sicherheit von  $(1-p) \cdot 100\%$  (meist 95%) geschützt werden. In Abbildung 15.1 sind die Zusammenhänge nochmals dargestellt.

### **15.2.1.2.3. Anwendung von Gleichungen zur Stoffverteilung**

Diese Herangehensweise betrifft primär das Sediment, da für Sedimentbewohner häufig sehr wenig ökotoxikologische Daten vorliegen. Um dennoch maximal tolerierbare Schadstoffkonzentrationen im Sediment angeben zu können, wird über Gleichungen zur Stoffverteilung zwischen Wasser und Sediment aus maximal tolerierbaren Gehalten im Wasser auf Sedimentkonzentrationen extrapoliert. Dabei werden sowohl intrinsische Stoffdaten (z. B.  $K_{ow}$ ) als auch physikochemische Sedimentdaten (z. B.  $C_{org}$ ) berücksichtigt.

## **15.2.2. Terrestrischer Bereich**

### **15.2.2.1. Bundesbodenschutzverordnung – Ableitung von Vorsorgewerten**

Das Vorsorgeprinzip ist auch ein wesentliches Element des Bundes-Bodenschutzgesetzes. Hier geht es darum, bei Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung bestimmte Konsequenzen zu ergreifen, um eben diese Besorgnis zu mindern oder auszuschließen. Schädliche Bodenveränderungen treten dann auf, wenn der Erhalt der verschiedenen Bodenfunktionen nicht mehr in vollem Umfang gewährleistet ist und – gleichzeitig – eine Gefahr für den Menschen als Individuum oder als Gesellschaft vom Boden ausgehen kann.

In § 9 (1) der BBodSchV heißt es:

„Das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen nach § 7 ist in der Regel dann zu besorgen, wenn

- Schadstoffgehalte im Boden gemessen werden, die die Vorsorgewerte nach Anhang 2, Nr. 4 überschreiten, oder
- Eine erhebliche Anreicherung von anderen Schadstoffen erfolgt, die aufgrund ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Eigenschaften in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen.“

Für die in Absatz 2 genannten Stoffe liegen bislang aufgrund zu geringer Datenlage keine Schwellenwerte im Hinblick auf einen vorsorgenden Umweltschutz vor. Vorsorgewerte gemäß Anhang 2, Nr. 4 wurden für die Metalle Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn sowie für die organischen Stoffe polychlorierte Biphenyle ( $PCB_6$ ), Benzo(a)pyren und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe ( $PAK_{16}$ ) abgeleitet. Dabei wurden bei den ersteren die Werte in Abhängigkeit der Bodenart (Ton, Lehm/Schluff, Sand), bei

den organischen Substanzen in Abhängigkeit vom Humusgehalt ( $> 8\%$ ;  $\leq 8\%$ ) festgelegt. Bei der Ableitung wurden sowohl ökotoxikologische Wirkungsschwellen als auch Anhaltspunkte für unerwünschte oder schädliche Auswirkungen auf Nahrungspflanzen und Futtermittel sowie Austräge in das Grundwasser einbezogen. Des Weiteren wurden Hintergrundgehalte berücksichtigt. Am Beispiel von Cadmium soll dies kurz dargestellt werden [3].

Die für die Ableitung zugrunde gelegten mikrobiologischen NOEC- bzw. LOEC-Werte, die Enzymaktivitäten sowie die mikrobielle Atmung beinhalten, umfassen einen Bereich von  $< 1 - 5$  mg/kg. Für Bodeninvertebraten wurde ein LOEC  $< 10$  mg/kg (*E. andrei*: Reproduktion) und für Pflanzen von  $0,3 - 0,8$  mg/kg (Pflanzenwachstum) berücksichtigt. Eine Vielzahl von Daten zum Cd-Transfer in die Pflanze ergab, dass für leichte Böden (Tongehalt  $< 5\%$ ; pH-Wert  $5 - 6$ ) eine Konzentration von  $1,0$  mg/kg (im Königswasseraufschluss) sowie für schwere Böden (Tongehalt  $> 5\%$ ; pH-Wert  $5 - 6$ ) eine Konzentration von  $1,56$  mg/kg (im Königswasseraufschluss) geeignet ist, um einen kritischen Transfer in die Pflanze (Brotweizen, Sellerie, Spinat) vorsorglich zu vermeiden. Die Einhaltung der Werte der Trinkwasserverordnung im Sickerwasser erscheint gegeben bei Gehalten von  $1,6$  mg/kg für Böden mit einem pH-Wert von  $5$  sowie Gehalten von  $0,2$  mg/kg für Böden mit einem pH-Wert um  $3$ . Konzentrationen von  $0,4 - 1,5$  mg/kg Cd im Boden werden unter natürlichen Bedingungen in der Regel nicht überschritten (Hintergrundwerte).

Die vorgefundene Spreizung der angegebenen Wirkungsdaten wird im Wesentlichen durch unterschiedliche Bodenverhältnisse (in erster Linie pH-Werte, aber vermutlich auch andere physiko-chemische Parameter und die Bodenart) bedingt. Des Weiteren lässt sich eine unterschiedliche Empfindlichkeit der Bodenlebewesen vermuten (Arten, Differenzierung der Endpunkte und der Empfindlichkeit bei gleichem Endpunkt). Aufgrund allgemeiner bodenkundlicher Gegebenheiten erscheint es naheliegend, schwere Böden mit einem hohen Tongehalt von leichten Böden mit geringem Tongehalt zu unterscheiden. Ergänzend ist der pH-Wert zu berücksichtigen. Auf der Basis aller Daten sowie der Schlussfolgerungen wurden für Cadmium in Abstufung der Bodenarten Ton-Lehm/Schluff – Sand als Vorsorgewerte  $1,5 - 1 - 0,4$  mg/kg (Königswasseraufschluss) vorgeschlagen. Mit diesen Werten ist auch ein hinreichender Abstand zu dem von der LABO/LAGA-Arbeitsgruppe „Direktpfad“ als Prüfwert angegebene Wert von  $10$  mg/kg für Kinderspielplätze gegeben.

Bei einer Unterschreitung der Werte ist davon auszugehen, dass Vorsorge bezüglich schädlicher Bodenveränderungen getroffen ist.

#### **15.2.2.2. BSE / TSE**

Ausgangspunkt der Diskussionen um das Verhalten von pathogenen Prion-Proteinen im Boden ist ein Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates Bodenschutz beim BMU „Wege zum vorsorgenden Bodenschutz“ [4], das bereits im Frühjahr 2000 veröffentlicht

worden ist. Das Gutachten beinhaltet eine Vielzahl von bodenrelevanten Themen unter dem Vorsorgeaspekt, unter anderem auch Antibiotika im Boden, Ausbreitung von Resistenzen, Einsatz und Verhalten von GVO, Boden als Archivfunktion für natürliche Veränderungen und Bodendiversität. Ein Kapitel befasst sich mit pathogenen Prion-Proteinen. Darin heißt es unter anderem:

*„Es ist zu prüfen, wie die Persistenz der Infektiosität im Boden, zum Beispiel dem Boden unter Weidenutzung, einzuschätzen ist. Obwohl valide Versuche hierzu, die dem üblichen Standard von Versuchen zur Persistenz von Chemikalien Stand halten, nicht vorliegen, besteht hier nach Auffassung des Beirates ein erheblicher Grund zur Besorgnis. Zur Zeit sind eine Reihe von im Wesentlichen immunologischen Methoden in Entwicklung und Validierung, die die geforderte ausreichende Empfindlichkeit aufweisen werden. Inwieweit PrP-res im Boden nur eine Gefährdung für die Infektion von Weidetieren darstellen, oder ob ein Transfer in andere Organismen, z. B. Bodenpilze oder Mikroorganismen mit potenziellen ökologischen Auswirkungen, möglich ist, wurde bisher nicht untersucht.“*

Die Gutachter äußern somit einen „erheblichen Grund zur Besorgnis“ hinsichtlich des Kenntnisstandes zur Persistenz der Infektiosität von BSE-Erregern im Boden. Eine wissenschaftliche Prüfung des Kenntnisstandes sowie ggf. eine Erweiterung des Wissens wird empfohlen.

Auch eine solche Empfehlung basiert auf dem Vorsorgeprinzip. Vorsorgeprinzip – in diesem Zusammenhang – bedeutet, dass bei unzureichender Kenntnis von Fakten eine proaktive und prospektive Bearbeitung des entsprechenden Themas gerechtfertigt ist. Im vorliegenden Fall des Gutachtens kommt also nicht der Vorsorgegedanke der BBodSchV zur Anwendung, sondern das sonst im Umweltbereich oft übliche Prinzip, dass bei geringer Informationsdichte proaktiv ein Thema angegangen und bearbeitet wird.

Zur Persistenz von Scrapie-Erregern wurde bereits in der Zeit von 1986 bis 1989 eine dreijährige Studie in den USA durchgeführt. Da es sich bei dieser Studie um den einzigen experimentell belegten Hinweis handelt, dass pathogene Prion-Proteine im Boden eine gewisse Stabilität aufweisen, wird an dieser Stelle detaillierter darauf eingegangen:

Hamster wurden infiziert und deren Hirne eingesetzt. Dies erfolgte durch Homogenisierung der Gehirne, anschließende Suspension und Zentrifugation. Der entstehende Überstand wird mit Boden gemischt – wobei der Bodentyp nicht detailliert beschrieben wurde – und anschließend in Petri-Schalen gefüllt. Die Petri-Schalen waren durchlässig. Sie wurden nach Befüllung in größere Bodencontainer eingefügt, die ihrerseits im Freiland eingegraben wurden. Der gesamte Ansatz wurde über einen Zeitraum von drei Jahren ohne Zwischenprobenahme inkubiert.

Da es sich um eine Freiland-Inkubation handelt, gelten für die Inkubation die aktuellen klimatischen Bedingungen des Standortes, die bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen.

- Daten zu den Bodeneigenschaften lagen nicht vor, sodass hinsichtlich des Einflusses dieser Eigenschaften auf die Abbaubarkeit und die Verlagerung keine Aussage gemacht werden kann.
- Die klimatischen Standortbedingungen sind, verglichen mit der Bundesrepublik Deutschland, hinsichtlich der Niederschlagsmengen und einer daraus resultierenden grundsätzlichen Versickerungsneigung realistische Worst-Case-Bedingungen. Der Temperaturbereich entspricht für deutsche Verhältnisse einem Best-Case-Bereich, das es Standorte mit deutlich schlechteren Abbaubedingungen gibt. So fördern beispielsweise relativ hohe mittlere Temperaturen sowie ausgeprägte Temperaturschwankungen die Abbaubarkeit. Hohe Niederschlagsmengen hingegen fördern die Versickerungsneigung.

Nach dreijähriger Inkubation wurden sowohl die in Petri-Schalen eingefüllten Bodenproben als auch der darunter und darüber liegende Boden auf Infektiosität hin analysiert. Dabei erhielt man verschiedene Ergebnisse :

- Es wird eine Restinfektiosität von Scrapie-Erregern zwischen 0,2 – 1,8% bezogen auf die bei  $-70\text{ °C}$  gelagerte Kontrollprobe erhalten. Ob diese Verminderung auf Sorption oder aber tatsächlich auf mikrobiellen Abbau zurückzuführen war, war nicht Gegenstand der Studie und kann nicht verifiziert werden.
- Es findet eine wenig ausgeprägte Versickerung in tiefere Bodenschichten statt, obwohl es sich bei den entsprechenden klimatischen Eigenschaften um Worst-Case-Bedingungen handelte. Dies deutet erwartungsgemäß auf eine hohe Sorption hin. Eine „Inaktivierung“ der Infektiosität durch Sorption und Einbau in die Bodenmatrix ist jedoch keine endgültige Senke für pathogene Prion-Proteine, da Remobilisierungen und damit Reaktivierungen stattfinden können.
- Die inkubierten Bodenproben wurden extrahiert und Infektiosität im Extrakt analysiert. Aufarbeitungsbedingt ist jedoch ein Verlust von Infektiosität von fast 50% zu verzeichnen.

Auch bei chemischen Stoffen ist bekannt, dass bei sehr hoher Aktivität noch  $<0,01\%$  genügen, eine krankhafte Reaktion auszulösen, wenn die Substanz das Zielorgan erreicht. Im vorliegenden Fall ist eine Restinfektiosität experimentell noch nachgewiesen worden, was bedeutet, dass der Boden nach drei Jahren noch infektiös war, ein Faktum, das angesichts der noch im Raum stehenden „One-Hit-Theorie“ nicht vernachlässigt werden kann.

Der dargestellte experimentelle Ansatz hat eine Reihe von Nachteilen, die eine wissenschaftlich belastbare und – vor allem – verallgemeinbare Aussage nicht möglich machen:

- Es wurden keine Zwischenproben genommen, sodass die Abbaukurve, die Abbaukinetik und die Halbwertszeit nicht ermittelbar sind.
- Die eingesetzte Aufarbeitungsmethode ist unzureichend, da sie mit sehr hohen Verlusten verbunden ist. Bei den zu erwartenden niedrigen Restinfektiositäten erhöht sich die Unsicherheit der Ergebnisse damit in unzulässiger Weise.
- Die Bodeneigenschaften sind nicht ausreichend charakterisiert, sodass eine Verallgemeinerung der erhaltenen Ergebnisse und deren Übertragung auf andere Situationen nicht möglich ist.

Die Studie ist damit als Pilotstudie mit wichtigen Hinweisen zu werten. Die wissenschaftlichen Fragen zur Persistenz müssen jedoch noch abschließend geklärt werden.

### **15.2.2.3. Gentechnisch veränderte Organismen**

In seinem Umweltgutachten von 1998 hält der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) Maßnahmen für erforderlich, um die unterschiedlichen Risikoqualitäten gentechnischer Eingriffe angemessen bewerten und mögliche langfristige Auswirkungen auf Menschen und Umwelt erkennen zu können [5]. Des Weiteren beschäftigt sich, wie bereits erwähnt, das Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz auch mit GVO. Dort heißt es unter anderem, dass die Auswirkungen von in Böden eingebrachten GVO auf Bodenorganismen, die Wirkung isolierter DNA und die Wirkung von Stoffwechselprodukten transgener Pflanzen (Toxine, Enzyme) z. B. auf den Abbau der organischen Bodensubstanz nur in ersten Umrissen bekannt oder wenigstens grob abschätzbar sind. In seiner Schlussfolgerung empfiehlt der Beirat die Erweiterung des Wissens auf der Basis von Forschungsvorhaben und regt die Erarbeitung von Anforderungen aus der Sicht des Bodenschutzes an, um mögliche Gefahren durch gentechnische Verfahren und Produkte entgegenzuwirken und um dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen. Gemäß WBB soll die Informationsakquisition sowohl ökologische Dauerbeobachtung als auch Fragen des Gentransfers sowie der Persistenz von Fremd-DNA betreffen. Dem Beirat ist dabei bewusst, dass hierzu teils umfassende Forschungsinitiativen erforderlich sind, die partiell auch den Charakter von Grundlagenforschung haben müssen, etwa wenn es um die Methoden zur bodenbiologischen Differenzierung von DNA-Resten, Bodenbiota und Huminstoffen geht oder wenn geeignete Wirkungstests für die terrestrische Ökotoxikologie entwickelt werden müssen. Generell sind die unterschiedlichen Bodeneigenschaften zu berücksichtigen.

Analog zur BSE-/TSE-Problematik besteht die Anwendung des Vorsorgeprinzips somit auch bei GVO, im Gegensatz zu dem Sachstand bei der Beurteilung von Stoffen, zunächst in einer generellen Erweiterung des Wissens bevor entsprechende konkrete Maßnahmen bzw. Regelungen zur Risikominimierung getroffen werden können.

### 15.3. Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in Abhängigkeit des Wissensstandes und des Schutzgutes die Anwendung des Vorsorgeprinzips zur Schaffung von Qualitätszielen unterschiedlich erfolgt. Bei ausreichend hohem Kenntnisstand können konkrete Maßnahmen erfolgen, wohingegen bei schlechter Informationsbasis zunächst Kenntniskern im Vordergrund steht. Dabei ist es das Ziel, das Risiko, dass eine konkrete Umweltbeeinträchtigung eintritt, zu quantifizieren.

Im Hinblick auf den Informationsumfang bezüglich eines Risikos durch GVO herrscht große Parallelität mit der BSE-/TSE-Problematik. Primär hat die Erhöhung des Wissens unter Berücksichtigung der verschiedenen Schutzziele zu erfolgen.

### 15.4. Literatur

1. EU European Union: Technical Guidance Documents in support of Directive 93/97/EEC on risk assessment of new notified substances and Regulation EC N. 1488/94 on risk assessment of existing substances. Brüssel (1996).
2. Wilke, B.-M., Pieper, S., Römbke J.: Ableitung von Prüfwerten für den Wirkungspfad Boden – Bodenorganismen. Bodenschutz 6 (2001), S. 93-100.
3. Bachmann, G., Bannick, C.-G., Giese, E., Glante, F., Kiene, A., Konietzka, R., Rück, F., Schmidt, S., Terytze, K., von Borries, D.: Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. In Handbuch Bodenschutz, 24. Lfg. IX/97 (1997).
4. Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz des BMU: Wege zum vorsorgenden Bodenschutz. Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge. Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. 8. Februar 2000.
5. SRU: Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen. Umweltgutachten 1998. Umweltschutz. Erreichtes sichern – neue Wege gehen. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.

## 16. Qualitätsziele und Handlungsoptionen am Beispiel ökologischer Landwirtschaft

*Dr. Christian Schüler,  
FB 11 der Universität Gesamthochschule Kassel / Witzenhausen,  
Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen,  
Tel: 05542/ 98-1570, E-Mail: schueler@wiz.uni-kassel.de*

### 16.1. Einführung

In der ökologischen Landwirtschaft (öL) werden erhebliche Konflikte bei einer flächenhaften Einführung des kommerziellen Anbaus gentechnisch veränderter Pflanzen erwartet. Diese Konflikte ergeben sich aus einer massiven Beeinträchtigung wesentlicher Ziele der öL, die sowohl die Handlungsoptionen der landwirtschaftlichen Betriebe als auch die Rechte der Verbraucherinnen und Verbraucher betreffen, wenn Qualitätseigenschaften ökologisch erzeugter Produkte beeinträchtigt werden.

Untersuchungen in der Fläche zur Risikoabschätzung der Übertragung gentechnisch erzeugter Merkmale in Pflanzenbeständen unter ökologischer Bewirtschaftung fehlen bisher. Das Umweltbundesamt hat aber bereits Ende 2000 mit einem Fachgespräch „Grüne Gentechnik und ökologische Landwirtschaft“ auf mögliche Konsequenzen hingewiesen [1]. In dem Beitrag werden die Qualitätsziele des ökologischen Landbaus beschrieben und Problemfelder benannt, wo diese Ziele durch gentechnisch veränderte Organismen (GVO) über biologische oder technologische Wege beeinträchtigt oder zunichte gemacht werden können. Beispielhaft wird dabei auf die Bereiche Saatgutproduktion, Saatgutvermehrung und Nachbau eingegangen.

Mit der Ausdehnung der öL in den 90er-Jahren sind neben den selbst aufgestellten Richtlinien der Bewirtschaftung gesetzliche Rahmenbedingungen geschaffen worden, die diese Produktionsform eindeutig definieren, durch Unterscheidung von anderen landwirtschaftlichen Verfahren abgrenzen und juristisch fassbar machen. Wesentliches Ziel dabei war vor allem der Schutz der Verbraucherinnen und Verbraucher vor unlauterem Geschäftsgebaren und die Sicherstellung der Wahlfreiheit beim Einkauf landwirtschaftlicher Produkte. Den Kunden wird mit den entsprechenden Verordnungen der Europäischen Union zur öL eine Garantie für die Herkunft der Produkte gegeben. Im Einzelnen legen dies mit Bezug zum Verbot von Gentechnik in der öL die in der Tabelle 16.1 dargestellten Regelwerke fest.

*Tabelle 16.1.: Regelungen zu gentechnisch veränderten Organismen und ökologischem Landbau*

<p><b>Rahmenrichtlinien für die Erzeugung und Verarbeitung von Produkten aus ökologischem Landbau der AGÖL:</b></p> <p>Gentechnisch veränderte Organismen und deren Derivate sind mit der ökologischen Wirtschaftsweise unvereinbar.</p>
<p><b>EU-Verordnung 2092/91/EWG:</b></p> <p>Absatz 5: Ökologisch wirtschaftende Betriebe dürfen keine gentechnisch hergestellten Betriebsmittel einsetzen.</p>
<p><b>EU-Verordnung 1804/1999/EWG:</b></p> <p>Tiere auf ökologisch bewirtschafteten Betrieben dürfen keine Futtermittel oder Futtermittelzusatzstoffe verabreicht bekommen, die gentechnisch veränderte Organismen sind oder mit Hilfe gentechnischer Verfahren hergestellt worden sind.</p>
<p><b>Verordnung des BM f. Gesundheit 1998:</b></p> <p>Regelung der Kennzeichnung von Produkten mit der Auslobung „ohne Gentechnik“</p>

## 16.2. Bedeutung des ökologischen Landbaus in der Fläche

Ausgelöst durch die BSE-Krise erhielt die öL in Deutschland weitere entscheidende Impulse. Ende 2000 wurden in Deutschland 546.023 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche nach den Richtlinien der öL bewirtschaftet und zwar von 12.740 Betrieben [2]. Die Steigerungen lagen damit, bezogen auf das Vorjahr, bei 22,2% für die Betriebe, während die Fläche um 20,7% zunahm. Der Anteil an der Gesamtzahl der landwirtschaftlichen Betriebe betrug ca. 3% (1999 2,4%), der an der Gesamtfläche lag bei 3,2% (1999 2,6%).

Ob die Auslobung „ohne Gentechnik“ aufrechterhalten werden kann, ist fraglich, wenn öL und kommerzieller Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen großflächig nebeneinander praktiziert werden. Für die ökologisch bewirtschaftete Fläche besteht das politische Ziel einer Ausdehnung auf 20% der Fläche in den nächsten zehn Jahren. Dass bereits heute regional hohe Anteile der öL in der Flächennutzung erreicht werden, zeigt Abbildung 16.1.

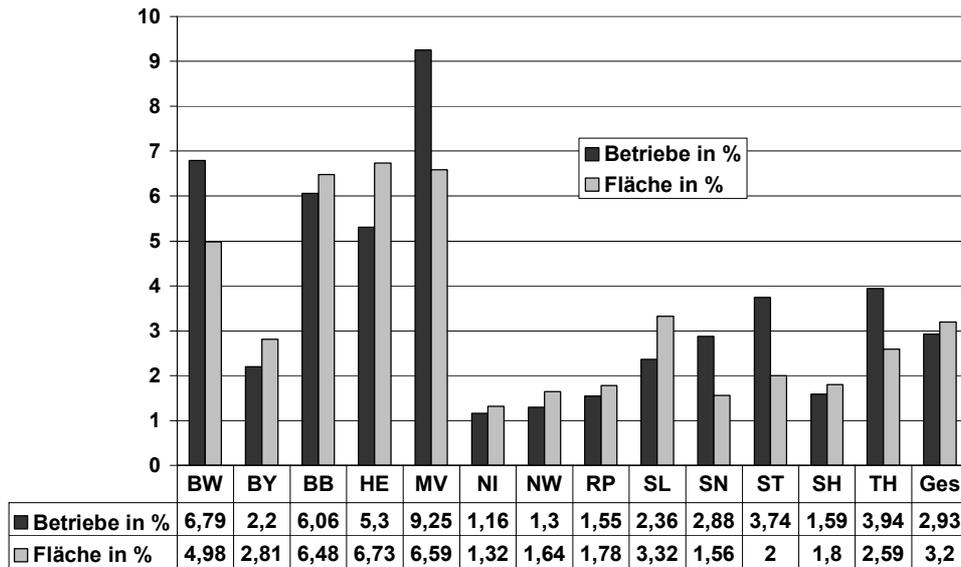


Abbildung 16.1.: Anzahl und Fläche ökologisch bewirtschafteter Betriebe nach Bundesländer (2000)

Die Bundesländer Brandenburg (BB), Hessen (HE) und Mecklenburg-Vorpommern (MV) erreichen bereits jetzt Anteile von deutlich über 6%.

### 16.3. Saatgutproduktion

Wichtigste Voraussetzung für das Freihalten der ÖL von gentechnisch veränderten Organismen ist die Bereitstellung von nicht kontaminiertem, ökologisch erzeugtem Saatgut.

Tabelle 16.2.: Anteil an ökologisch erzeugtem Saatgut in Deutschland [Quelle: 2]

Kultur	Anteil ökologisches Saatgut in %
Getreide allgemein	83%
Getreide/Leguminosengemenge	85%
Körnerleguminosen	67%
Kartoffeln	66%
Mais	4%
Ölfrüchte allgemein	12%
Klee gras	11%

Die entsprechende EU-Verordnung fordert dies für alle Kulturpflanzen bis zum Jahr 2004. Davon ist die Praxis der öL bei einigen Kulturpflanzenarten noch weit entfernt, wie Tabelle 16.2 ausweist.

Auf dem Sektor ökologischer Züchtung arbeiten zur Zeit nur wenige Initiativen, vor allem bei Getreide und Gemüsearten. Mittelfristig kann die öL bei einer hohen Vielfalt an Kulturpflanzenarten nicht auf eine Kooperation mit den traditionellen Zuchtunternehmen verzichten. Voraussetzung für eine Zusammenarbeit in ökologischer Züchtung ist allerdings neben der Klärung besonderer Zuchtziele der öL die Sicherstellung der Freiheit von GVO im Saatgut durch die Zuchtunternehmen, wenn parallel mit konventionellen und gentechnischen Methoden gearbeitet wird. Dass hier Risiken bestehen, zeigte kürzlich ein Beispiel aus dem Zuchtunternehmen KWS: Es kam im Gewächshaus zu einer unbeabsichtigten Kreuzung zweier transgener Linien von Zuckerrüben. Aus Indien wird die Vermischung von gentechnisch verändertem Baumwollsaatgut in einem Zuchtunternehmen gemeldet [3]. Die betroffene Firma im Bundesstaat Gujarat hat das Saatgut wahrscheinlich durch Kreuzung mit Pflanzen gewonnen, die aus importiertem transgenen Baumwollsaatgut herangezogen worden waren.

Neben der Züchtungsarbeit sind aber auch andere Bereiche in Züchtungsunternehmen von Vermischungsrisiken betroffen, in denen es zu einer Kontamination mit GVO kommen kann wie Kalibrierung, Lagerung, Verpackung und Transport. Generell gibt es ein steigendes Risiko solcher Vorfälle, wenn die Konzentration in der Züchtungsbranche voranschreitet und immer weniger Unternehmen am Markt agieren. Die Verfügbarkeit von GVO-freiem Saatgut wird sinken, beschleunigt durch die Bestrebungen den Patentschutz auf Kulturpflanzen auszudehnen

#### **16.4. Saatgutvermehrung und Nachbau**

Ein weiteres Feld der Gefährdung von ökologischem Saatgut durch GVO ist die Stufe der Saatgutvermehrung und der eigene Nachbau in der landwirtschaftlichen Praxis. Hier bestehen erhebliche Risiken durch die Auskreuzung gentechnisch veränderter Sorten bei wind- oder insektenbestäubten Arten. Große Unsicherheit herrscht bei der Ermittlung der Entfernungen, die z. B. windverfrachteter Pollen überwinden kann. In vielen Fällen werden die zur Zeit diskutierten Entfernungen zwischen Feldern nicht ausreichen, um mit Sicherheit das Auskreuzen unerwünschter Eigenschaften zu vermeiden.

So fanden sich Hinweise auf Rapspollentransport durch Wind bis zu 3 km, theoretisch – bei geeigneten Luftverhältnissen und Windgeschwindigkeiten – auch Entfernungen von mehr als 800km [5]. Das diese Einkreuzungsrisiken ernst genommen werden müssen, belegt Tabelle 16.4 mit Beispielen für die Verunreinigung von Saatgut mit GVO aus unterschiedlichen Regionen.

Tabelle 16.3.: Empfehlungen für Isolierungsabstände in GB, um Einkreuzungen maximal auf dem spezifizierten Niveau zu halten (Feldgröße mind. 2 ha)  
[Quelle: 4]

Pflanze	Kombinationsraten durch Einkreuzung		
	1%	0,5%	0,1%
Ölraps			
Konventionelle Sorten und nicht sterile Hybride	1,5 m	10 m	100m
Züchtungssorten und teilsterile Hybriden	100 m	Keine Angabe	Keine Angabe
Mais			
Körnermais	200 m	300 m	Keine Angabe
Mais für Silage	130 m	200 m	420m

Tabelle 16.4.: Beispiele mit GVO-verunreinigtem Saatgut [Quelle: 1]

Pflanze	Sorte	Land	GVO-Anteil	Quelle
Mais	Ulla, Benicia	Schweiz	0,01%	FIBL
	Benicia	Deutschland	0,1%	<a href="http://www.bund.net">www.bund.net</a>
	versch. Sorten	USA	0,01 – 1%	Coghlan (2000)
	Clarica	Österreich	> 3%	@agrار.de
	?	Frankreich	- 0,2%	Reuters 17.7.2000
Raps	Hyola	Deutschland	0,03 – 1,3%	Land SH
	Hyoa	Schweden	0,4 – 2,6%	Billig (2000)
Soja	?	Frankreich	0,8 – 1,5%	<a href="http://www.aktionsbuendnis.de">www.aktionsbuendnis.de</a>

Ein weiteres Beispiel aus Kanada: Saskatchewan (ökologisch wirtschaftende Landwirte) streben eine Klage gegen Firmen an, die gentechnisch veränderte Kultursorten entwickeln. Sie berufen sich auf die Tatsache, dass der Markt für kanadische Ölsaaten – auch für ökologisch erzeugte Ölsaaten – aufgrund des Anbaus von transgenem Raps zusammengebrochen ist. Transgener Raps hat sich in Kanada über Pollen und Samen mittlerweile so stark ausgebreitet, dass ein Anbau von konventionellen Sorten kaum noch möglich ist, ohne dass eine Kontamination mit GV-Raps erfolgt [6]. Unübersichtlich werden Festlegungen für Abstände von GV-Pflanzenbeständen, wenn der freie Nachbau von Landwirten praktiziert wird, um eigenes Saatgut zu gewinnen. Nachbau wird trotz der Bemühungen der Züchtungsbranche zur Einschränkung dieser Praxis über Nachbaugebühren von vielen Landwirten als kostengünstige Beschaffung von eigenem Saat- oder Pflanzgut genutzt. Da diese Flächen nicht registriert sind und über das ganze Land verteilt liegen, ist ein Management zur Verhinderung von Auskreuzungen praktisch unmöglich. Von diesem Risiko sind selbstverständlich auch konventionelle, landwirtschaftliche Betriebe betroffen, die ihre Produkte GVO-frei halten wollen. Wird der Nachbau nicht nur einmalig, sondern über mehrere Jahre betrieben, steigt die Gefahr der Anreicherung von transgenen Merkmalen im eigenen Saatgut kontinuierlich. Anlass zu weiteren Befürchtungen bei nicht kontrollierter Nähe zu Freisetzungsfeldern stellt die Auskreuzung transgener Pflanzen in nah verwandte Wildpopulationen dar [7]. Es ist bekannt, dass Kulturpflanzen wie Raps, Wein, verschiedene Kürbisgewächse, Zuckerrüben und Karotten sich mit nah verwandten Wildpflanzen kreuzen können. Mögliche Folgen des Gentransfers auf Wildpflanzen und eine weitere Ausbreitung können nicht vorausgesagt werden. Transgene Rapsorten, die ein Gen für Herbizidresistenz tragen, sind in Kanada mittlerweile häufig als Unkraut in Feldern aufgetaucht, auf denen andere Kulturpflanzen angebaut wurden.

### 16.5. Weitere offene Fragen

Das Nebeneinander von ökologisch bewirtschafteten Flächen und GVO-Pflanzenbeständen wirft weitere offene Fragen auf, die bisher nicht gelöst worden sind (Tab. 16.5).

*Tabelle 16.5.: Offene Fragen der GVO-Risikoabschätzung für den Ökolandbau*

Handhabung der Grenzwerte
Biologischer Pflanzenschutz
Eintrag von GVO über Futtermittel
Verunreinigungen im Verarbeitungsprozess

## 16.6. Grenzwerte

Kein Konsens besteht z. B. bei der Festlegung von Grenzwerten für eine Verunreinigung durch GVO. Diskutiert werden Schwellen von 0,1% über 0,5% bis zu 1%, ohne dass eine ausreichende wissenschaftliche Grundlage vorhanden wäre. Dabei müssen neben botanischen Merkmalen auch agronomische und Einflussgrößen mit berücksichtigt werden, wie Fruchtfolgesysteme (Häufigkeit des Auftretens bestimmter Arten), Feldgrößen und regionale Anbauswerpunkte (Beispiel Rapsanbau in Schleswig-Holstein).

## 16.7. Biologischer Pflanzenschutz

Als wesentliche Einschränkung seiner Handlungsoptionen betrachtet es die öL z. B., wenn durch den verstärkten Anbau von GVO mit einem transgenen Merkmal wie dem Toxin des mikrobiellen Antagonisten *Bacillus thuringiensis* mögliche Zielorganismen gegen dieses Toxin Resistenzen entwickeln. Damit würde in wichtigen Kulturen für die öL, wie Wein- und Obstbau, eine der wirtschaftlich bedeutendsten biologischen Pflanzenschutzmaßnahmen unwirksam werden. *Bacillus thuringiensis* wird als zugelassenes Präparat in der öL vor allem zur Kontrolle von Schadinsekten im Wein- und Obstbau sowie bei Kartoffeln eingesetzt.

## 16.8. Futtermittel

Überall dort, wo Mais als Futtermittel in ökologisch wirtschaftenden Betrieben eingesetzt wird, muss bei gleichzeitigem GV-Maisanbau in der Nachbarschaft mit Auskreuzungsereignissen gerechnet werden. Diese Futtermittel werden so zu Eintrittspfaden in ökologisch erzeugte Milch- und Fleischprodukte, und die gesetzlichen Vorgaben (ohne Verwendung von Gentechnik) können dann nur noch schwer erfüllt werden. Dies gilt ebenfalls, wenn die in der öL zugelassenen Zukauffuttermittel nicht tolerierbare GVO-Bestandteile enthalten.

## 16.9. Verunreinigungen im nachgelagerten Bereich

Tabelle 16.6 zeigt exemplarisch kritische Stellen für mögliche Verunreinigungen mit GVO bei Verfahren, die der landwirtschaftlichen Erzeugung nachgelagert sind. Es muss bereits jetzt von ökologischen Verarbeitungs- und Handelsbetrieben ein erheblicher Mehraufwand geleistet werden, um Vermischungen mit GVO-Produkten, wie z. B. Mais und Soja, zu vermeiden. Um allen Konsumentinnen und Konsumenten mit dem Kauf ökologischer Produkte eine möglichst hohe Sicherheit bei der Aussage „ohne Gentechnik“ zu geben, hat sich ein Zusammenschluss von Verarbeitern und Händlern gebildet [8]. Für jede Verarbeitungsstufe, auf der eine Anwendung oder Vermischung mit GVO möglich ist, müssen von den Zulieferfirmen Zertifikate beschafft werden, um zu belegen, dass tatsächlich ohne Gentechnik produziert wird. Über alle Verarbei-

tungsstufen muss dokumentiert werden können, dass Lebensmittel tatsächlich frei von gentechnischen Anwendungen sind.

*Tabelle 16.6.: Kritische Stellen für GVO-Verunreinigungen im Warenfluss [Quelle: 1]*

Ernte	Kontaminierte Erntemaschine
Regionale Sammelstellen, Silos	Ohne getrennte Annahme, Gefahr der Vermischung bei Umladung, Lagerung usw.
Transport zur Verarbeitung (Mühlen etc.), zu weiteren Umschlagplätzen	Vermischung während des Transportes, verunreinigte Transportbehälter
Verarbeitungsbetrieb	Vermischung bei fehlender räumlicher Trennung

Die genannten Risikobereiche führen zu juristischen und ökonomischen Fragen, die vor einem flächenhaften, kommerziellen GVO-Anbau geklärt sein müssen.

- Wie werden Genehmigungsverfahren für kommerzielle Freisetzungen von GVO entwickelt und eingeführt, einschließlich Melderegister, Widerspruchsmöglichkeiten und Haftungsfragen bei Auskreuzung oder anderer Ausbreitung?
- Wer kontrolliert den genehmigten GVO-Anbau und wie wird kontrolliert?
- Wie wird der Schadensersatz geregelt, wenn GVO-Freisetzern die Kontamination von ökologischen Verfahren oder Produkten nachgewiesen wird, die per Verordnung „ohne Gentechnik“ gehandelt werden sollen?
- Welche finanzielle Grundlage wird für die oben genannten Punkte geschaffen?

Um die Risiken des Anbaus von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen - wenn überhaupt - halbwegs regeln zu können, darf eine Genehmigung zur Freisetzung eigentlich nur auf eng begrenzten Arealen erfolgen, die aufgrund ihrer Lage keine Beeinträchtigung von ökologischer und GVO-freier Landwirtschaft befürchten lassen. Verarbeitung und Handel mit GVO-Produkten müssen völlig getrennte Wege von anderen landwirtschaftlichen Produkten nehmen.

### **16.10. Literaturhinweise**

1. Umweltbundesamt (2001): Grüne Gentechnik und ökologische Landwirtschaft. UBA Texte 23/01
2. SÖL (2001): [www.soel.de](http://www.soel.de)
3. The Times of India 8. 10. 01, zitiert nach GENET 9. 10. 01.

4. Ingram (2000), zitiert nach: UBA Texte 23/01.
5. Treu, R. & Emberlin, J. (2000), zitiert nach: Gentechnik-Nachrichten 27 (2001).
6. The Leader-Post, Canada 12. 10. 01, zitiert nach Genet 29. 10. 01.
7. Ökoinstitut (2001): Gentechnik Nachrichten 28, November 2001.
8. [www.infoxgen.com](http://www.infoxgen.com)

## 17. Handlungskriterien beim Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen

*Benno Vogel,  
Dipl. Phil. II Biologe, Büro für Umweltchemie,  
Hottingerstrasse 32, CH-8032 Zürich,  
Tel.: 41-(0)1/ 26225-62, E-Mail: [b.vogel@umweltchemie.ch](mailto:b.vogel@umweltchemie.ch)*

### 17.1. Zweischneidige Logik

Wer eine gentechnisch veränderte Pflanze auf den Markt bringen will, muss vorher in Gewächshaus- und Freisetzungsversuchen abklären, ob diese Pflanzen ein Risiko für Mensch und Umwelt darstellen. Wird in diesen Versuchen kein Risiko entdeckt, erhält die gentechnisch veränderte Pflanze grünes Licht. Sie wird für den Anbau genehmigt, ohne dass weitere Sicherheitsmaßnahmen notwendig sind. Weisen die Resultate aus den Freisetzungsversuchen hingegen auf ein Risiko hin, so bleibt den gentechnisch veränderten Pflanzen der Weg auf die Ackerflächen verschlossen – zum Schutz der Umwelt und des Menschen. Bis vor kurzem galt dieses Vorgehen als Standard bei den Genehmigungsverfahren für das Inverkehrbringen. Wenn nun neuerdings auch dann Maßnahmen vorgesehen sind, wenn die gentechnisch veränderte Pflanze für den großflächigen Anbau genehmigt ist, so hat das einen einfachen Grund: gentechnisch veränderte Pflanzen stellen kein Risiko im klassischen Sinn dar. Denn das vorhandene Wissen über die Wirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen reicht weder dafür aus, Eintrittswahrscheinlichkeiten zu quantifizieren, noch kann es Schadenausmaße exakt festlegen. Die in den Genehmigungsverfahren verwendete Risikoformel – Eintrittswahrscheinlichkeit mal Schadenausmaß – läuft ins Leere. Was zum Zeitpunkt der Genehmigung vorherrscht, sind somit Unsicherheit und Ungewissheit. Diese Unsicherheiten und Ungewissheiten gilt es zu reduzieren. Wann die Reduktion stattfindet, ob vor oder nach der Genehmigung, hängt davon ab, wie stark die entscheidenden Personen das Vorsorgeprinzip gewichten. Die EU-Kommission und der sie beratende wissenschaftliche Ausschuss für Pflanzen haben sich – zumindest in den bisherigen Genehmigungsverfahren – dafür entschieden, die Vorsorge auf Stufe Markt zu verlegen [1, 2]. Die Maßnahme dazu heißt Monitoring. Indem der großflächige Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen überwacht wird, sollen Unsicherheiten und Ungewissheiten nach der Genehmigung vermindert werden. Die Logik, die hinter diesem Vorgehen steckt, ist eine zweischneidige: Einerseits rechtfertigt sie den Anbau als akzeptabel, weil mit dem Monitoring extra Vorsorgemaßnahmen getroffen werden. Andererseits erklärt sie den Anbau als notwendig, weil erst mit ihm bestehende Unsicherheiten reduziert werden können [1]. Ob sich mit einem Monitoring der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleisten lässt, hängt von den Zielen und der Konzeption der Überwachung ab. Wer allein Unsicherheiten und Ungewissheiten vermindern will, konzipiert das Monitoring als rei-

nes Beobachtungsprogramm und wird somit vor allem Erkenntnisse ernten. Für den Schutz der Umwelt und des Menschen wäre damit noch nicht viel gewonnen. Der Gewinn stellt sich erst dann ein, wenn das Ziel Schadensvorsorge heißt und die Konzeption das Monitoring zum Frühwarnsystem macht [3, 4]. Schadensvorsorge und Frühwarnsystem – sie wollen Mensch und Umwelt vor unerwünschten Wirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen schützen. Was sie dazu benötigen, sind Handlungskriterien. Das heißt: Treffen die ersten Resultate aus dem Monitoring ein, braucht es Kriterien, um entscheiden zu können, ob die beobachteten Wirkungen der gentechnisch veränderten Pflanzen erwünscht oder unerwünscht sind und ob sie Gegenmaßnahmen notwendig machen. Anders gesagt: Wer Mensch und Umwelt mit einem Monitoring schützen will, muss mit Umweltstandards oder Schadensdefinitionen festlegen, was genau wie geschützt werden soll. Gehandelt wird dann, wenn Umweltstandards überschritten oder Schäden beobachtet werden. Ob nun Standard oder Schaden genannt, klar ist, dass heute Handlungskriterien fehlen. Solange diese Kriterien aber fehlen, solange droht das Monitoring zu einem reinen Beobachtungsprogramm und der großflächige Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zu einem wissenschaftlichen Experiment zu werden. Wie Handlungskriterien festgelegt werden können und welche Aspekte dabei eine Rolle spielen, ist Gegenstand der folgenden Abschnitte.

## **17.2. MON810-Mais mit drei Ebenen**

Ein Aspekt, der bei der Diskussion von Handlungskriterien wichtig ist, wird durch folgendes Beispiel aus der EU-Genehmigungspraxis illustriert: 1998 hat die EU-Kommission den MON810-Mais, ein Bt-Mais, für den Anbau zugelassen. Nach dem Entscheid sind neue Daten – von Hillbeck et al. [5] und Losey et al. [6] – erschienen, die damals auf eine mögliche Gefährdung für Nicht-Zielorganismen hingewiesen haben. Österreich hat auf diese Daten reagiert und den Anbau des MON810-Mais verboten, um dessen Wirkung auf Nicht-Zielorganismen vor dem Anbau besser abzuklären. Anders reagiert hat der wissenschaftliche Ausschuss für Pflanzen. Dieser Ausschuss, der die EU-Kommission berät, hat in einer Stellungnahme zum österreichischen Verbot empfohlen, die Wirkung auf Nicht-Zielorganismen während des Anbaus mit einem Monitoring abzuklären [7]. Der Grund für die unterschiedlichen Reaktionen liegt darin, dass Österreich und der wissenschaftliche Ausschuss für die Bewertung der Daten unterschiedliche normative Bezugspunkte wählen. Der wissenschaftliche Ausschuss bewertet die neuen Daten im Vergleich zur konventionellen Landwirtschaft. Dort sind Wirkungen auf Nicht-Zielorganismen akzeptiert oder toleriert. Österreich hingegen bezieht sich bei der Bewertung auf eine ökologische Landwirtschaft, wo Nebenwirkungen auf Nicht-Zielorganismen möglichst zu vermeiden sind [2].

Aus diesem Beispiel lassen sich drei Punkte ableiten:

1. Zum Zeitpunkt der Genehmigung einer transgenen Pflanze bleiben Unsicherheiten über deren Umweltwirkungen.

2. Für die Bewertung dieser Unsicherheit braucht es einen normativen Bezugspunkt (ökologische Landwirtschaft / konventionelle Landwirtschaft).
3. Je nach Auswahl des normativen Bezugspunktes geht man mit der Unsicherheit unterschiedlich um (Monitoring/Verbot).

Diese drei Punkte wiederum spiegeln drei Ebenen wider, die nicht nur bei der Genehmigung eine Rolle spielen, sondern auch dann, wenn es darum geht, die beim Monitoring gesammelten Daten zu bewerten. Denn die Bewertung der beobachteten Wirkungen von gentechnisch veränderten Pflanzen macht Fragen auf drei Ebenen notwendig (nach 8):

1. Sachebene: Welche Auswirkungen hat der großflächige Anbau von transgenen Pflanzen auf die Umwelt und den Menschen?
2. Wertebene: Sind diese Auswirkungen unerwünscht und wenn ja, wieso?
3. Normebene: Soll diesen unerwünschten Auswirkungen durch Maßnahmen entgegengewirkt werden und wenn ja, wie?

Die Übergänge von der Sach- zur Wertebene wie auch von der Wert- zur Normebene sind dabei nicht immer einfach zu nehmen. Wichtig ist jedoch Folgendes: Die Sachebene stellt die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise dar. Sie beantwortet, wie es mit den transgenen Pflanzen in der Umwelt ist. Betritt man hingegen die Wert- und Normebene, so verlässt man die reine naturwissenschaftliche Betrachtungsweise und kommt dort an, wo auch rechtliche, ethische, politische und subjektive Aspekte eine Rolle spielen. Denn hier geht es um Bewertungen und Zielvorstellungen. Oder anders ausgedrückt: Auf der Wert- und Normebene geht es nicht mehr um die Frage, wie es ist, sondern um die Frage, wie es sein soll mit den gentechnisch veränderten Pflanzen. Und darauf kann die Naturwissenschaft alleine keine Antwort geben.

### **17.3. Was ist ein Schaden?**

Wie soll es denn nun sein mit den gentechnisch veränderten Pflanzen? Die rechtliche Vorgabe hierzu lautet: gentechnisch veränderte Pflanzen sollen keine schädlichen Auswirkungen haben. Was eine schädliche Auswirkung ist, definiert das Gesetz jedoch nicht. „Schädlich“ wird zum unbestimmten Rechtsbegriff. Somit lässt sich nur eine allgemeine Antwort geben: Hinter der Bewertung einer Einwirkung als schädlich steht immer eine doppelte Werteinschätzung, nämlich erstens die Festlegung von *schützenswerten* Gütern und zweitens die Festlegung der *wünschenswerten* Zustände dieser schützenswerten Güter [9]. Wie diese Antwort zeigt, geht es beim Begriff „Schaden“ um Schutzgüter und Schutzziele. Die Schutzgüter, die von gentechnisch veränderten Pflanzen nicht verletzt werden sollen, sind vom Gesetzgeber festgelegt. Das deutsche Gentechnikgesetz listet folgende auf: Gesundheit von Menschen, Tieren und Pflanzen sowie die sonstige Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge und Sachgüter.

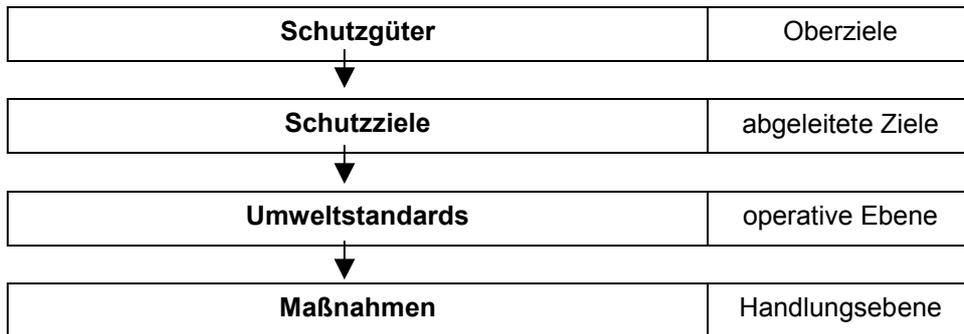


Abbildung 17.1.: Zielhierarchie [abgewandelt nach 11]

Tabelle 17.1.: Auswahl möglicher Schadensindikatoren [nach 10].

Schadensindikator	Quantifizierbares Kriterium	Qualitatives Kriterium
Tote Tiere	Zahl der Tiere Lebendgewicht Betroffene Fläche	Tierart Seltenheitswert
Gesundheitsschäden an Tieren	Zahl der Tiere (absolut und relativ) Schwere der Gesundheitsschädigung Betroffenes Gebiet	Tierart Seltenheitswert
Beeinträchtigungen von Tierarten (Populationen)	Größe der beeintr. Population Betroffenes Gebiet Gefahr der Auslöschung	Tierart Seltenheitswert
Beschädigung von Pflanzen	Beeinträchtigte Fläche Zahl der Pflanzen Zahl der Pflanzenarten	Pflanzenart Seltenheitswert
Beeinträchtigung von Pflanzenarten	Größe der beeinträchtigten Population Betroffenes Gebiet Gefahr der Auslöschung	
Beeinträchtigung von Biotopen und Naturschutzgebieten	Größe des Biotops Zahl der beeinträchtigten Tiere/Pflanzen	

Wenn ein Schaden eine Abweichung vom wünschenswerten Zustand der genannten Güter darstellt, dann braucht es eine Konkretisierung dieses wünschenswerten Zustandes. Das Resultat dieser Konkretisierung sind schließlich quantitative Umweltstandards, die anhand von Indikatoren die Abweichung vom Schutzziel wiedergeben (siehe Abbildung 17.1). Was den Begriff des „Schaden“ betrifft, so sind die zu bestimmenden Indikatoren schließlich die Einheit, in denen schädliche Auswirkungen angegeben werden können [siehe hierzu 10]. Eine Auswahl möglicher Indikatoren ist in Tabelle 17.1 aufgelistet.

Wie gelingt es, die notwendige Konkretisierung vorzunehmen? Grundsätzlich sind zwei unterschiedliche Ansätze denkbar: der eine geht *top-down*, der andere *bottom-up* vor [12].

#### **17.4. Top-down versus Bottom-up**

Will man die Konkretisierung *top-down* vornehmen, erarbeitet man vor dem Monitoring eine Liste von zukünftig denkbaren Auswirkungen von transgenen Pflanzen. Dann legt man fest, welche Auswirkungen schädlich sind und hat somit die Kriterien, aufgrund derer man handelt. Der *bottom-up*-Ansatz geht *learning by doing* vor – über den Einzelfall in der Praxis zu einer Verallgemeinerung: Man lernt während des Monitorings, bei der Bewertung der alljährlich anfallenden Daten oder vielleicht auch bei etwaigen Gerichtsurteilen, den Begriff schädlich zu konkretisieren. So wird man schließlich über die Jahre hinweg über die Einzelfälle zu einem Katalog von Handlungskriterien kommen [12].

#### **17.5. Top-down schlägt Brücke**

Wenn es um das Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen geht, gibt es mehrere Gründe, sich für den *top-down*-Ansatz zu entscheiden. Ein wichtiger Grund ist folgender: Werden Schutzziele und Handlungskriterien nicht bereits bei der Planung und Konzeption des Monitorings berücksichtigt, so kann es sein, dass später die Brücke zwischen der Sach- und Wertebene fehlt, wie sie in Abbildung 17.2 dargestellt ist. Die Konsequenzen: Fehlt die Brücke am Anfang bei der Planung und Konzeption des Monitorings, so kann es sein, dass man auf der Sachebene letztendlich für teures Geld eine Flut von Daten gesammelt hat, die eine Menge Fragen aufwerfen, auf die man aber auf der Wertebene keine Antworten findet. Das Umgekehrte gilt auch. Die Arbeiten auf den beiden Ebenen sollten deshalb nicht unabhängig erfolgen, sonst passen die Resultate nicht zusammen.

Der *top-down*-Ansatz schlägt nicht nur eine wichtige Brücke zwischen Sach- und Wertebene, er erleichtert auch den Vollzug des Gesetzes, schafft Transparenz und vermindert die Willkür in den Bewertungs- und Entscheidungsverfahren.

Wie ein *top-down*-Vorgehen aussehen könnte, zeigt folgendes Beispiel aus der Schweiz.

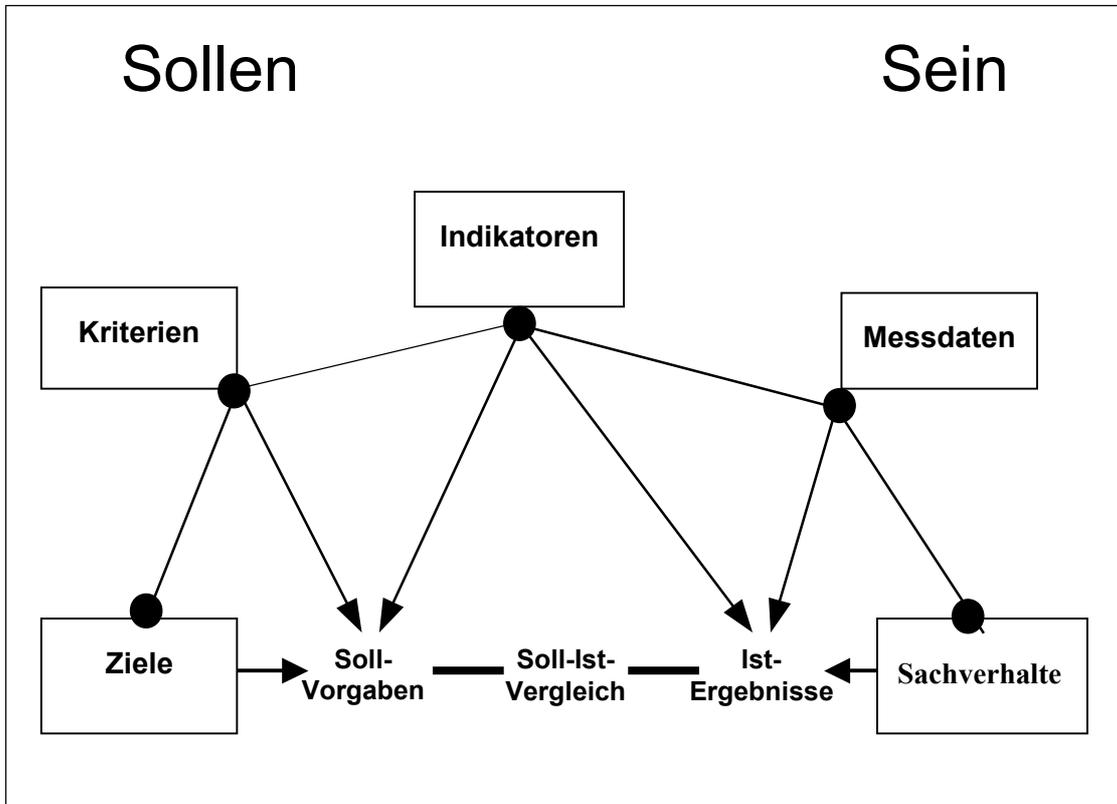


Abbildung 17.2.: Brücke zwischen Sachebene (Sein) und Wertebene (Sollen) [nach 13].

### 17.6. Top-down in der Schweiz

Das Schweizer Umweltschutzgesetz schreibt vor, dass beim Umgang mit pathogenen und gentechnisch veränderten Organismen keine schädlichen und lästigen Einwirkungen auftreten dürfen. Was schädliche und lästige Einwirkungen sind, lässt der Gesetzgeber offen. Die fehlende Konkretisierung der Begriffe „schädlich“ und „lästig“ erschwert den bei Bund und Kantonen liegenden Vollzug des Umweltschutzgesetzes. Die Kantone Zürich, Basel-Stadt, Bern und Solothurn haben deshalb ein Projekt lanciert, das einen ersten Schritt hin zur Konkretisierung der Begriffe tun will. Vorgegangen wird dabei *top-down*. Wir vom Büro für Umweltchemie haben dazu als erstes eine Reihe von Szenarien geschrieben, in denen wir denkbare Einwirkungen von pathogenen und gentechnisch veränderten Organismen auf die Schutzgüter Mensch und Umwelt beschreiben. Diese Szenarien stellen die Sachebene dar und bilden die Grundlage für eine Umfrage. In dieser Umfrage werden Fachleute gefragt, ob sie die in den Szenarien geschilderten Einwirkungen als schädlich oder lästig bewerten (Wertebene) und ob sie Maßnahmen gegen diese Einwirkungen treffen würden (Normebene). Die Umfrage ist zur Zeit der Niederschrift dieses Artikel am laufen. Wie auch immer die Resultate ausfallen werden, die Antworten aus dieser Befragung werden Aufschluss

darüber geben, in welchen Fällen Einwirkungen qualitativ oder quantitativ als schädlich oder lästig bewertet werden und inwieweit in dieser Bewertung Konsens beziehungsweise Dissens besteht.

### 17.7. Handlungskriterien mit Partizipation

Für welchen Weg man sich auch entscheidet, wenn man Handlungskriterien für das Monitoring von gentechnisch veränderten Pflanzen ausarbeitet, wichtig dabei ist, dass alle Interessengruppen an diesem Prozess beteiligt sind. Denn Entscheidungen zu Schutzziele und Handlungskriterien werden oft mehr aufgrund des Verfahrens, in dem sie zustande kommen, als aufgrund ihres Inhalts beurteilt [11]. Die Ursache hierfür liegt vor allem darin, dass Schutzziele und Handlungskriterien keine Naturphänomene sind, die sich in der Umwelt entdecken lassen. Sie sind vielmehr handlungsbestimmende Größen, deren Festlegung von gesellschaftlichen Diskursen, rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Entscheiden abhängig sind.

### 17.8. Literatur

1. Levidow, L., Carr, S. & Wield, D.: Market-stage precaution: managing regulatory disharmonies for transgenic crops in Europe. Binas Online: Biosafety Reviews. (1998). [http://binas.unido.org/binas/show.php3?id=1&type=html&table=book\\_sources&dir=reviews](http://binas.unido.org/binas/show.php3?id=1&type=html&table=book_sources&dir=reviews)
2. Vogel, B. & Tappeser, B.: Der Einfluss von Risikodiskussion und Risikoforschung auf die Genehmigungsverfahren zum Inverkehrbringen transgener Pflanzen. Gutachten für das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Öko-Institut e.V., Freiburg. (2000).
3. Traxler, A., Heissenberger, A., Frank, G., Lethmayer, C. & Gaugitsch, H.: Ökologisches Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen. Monographien Band 126, Umweltbundesamt Wien. (2000).
4. Amman, D. & Vogel, B.: Langzeitmonitoring gentechnisch veränderter Organismen. Kantonales Laboratorium Basel-Stadt. Kontrollstelle für Chemie und Biosicherheit (KCB), Basel. (1999).
5. Hilbeck, A., Baumgartner, M., Fried, P.M. & Bigler, F.: Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27 (1998) 2 S. 480-487.
6. Losey, J.E., Rayor, L.S. & Carter, M.E.: Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399 (1999), S. 241.
7. SCP: Opinion of the Scientific Committee on Plants on the invocation by Austria of Article 16 (safeguard clause) of Council Directive 90/220/EEC with respect to the placing on the market of the Monsanto genetically modified maize (MON810) ex-

- pressing the Bt cryla(b) gene, notification C/F/95/12-02. (1999).  
[http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scp/out49\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scp/out49_en.html)
8. Eser, U.: Der Naturschutz und das Fremde. Campus, Frankfurt. (1998).
  9. Gill, B.: Ungewissheit, administrative Entscheidung und Demokratie – die neuen Anforderungen durch die Gentechnik. Österreichische Zeitschrift für Politikwissenschaft 1 (1998), S. 29-45.
  10. Berg, M., Erdmann, G., Hofman, M., Jaggy, M., Scheringer, M & Seiler, H. (Hrsg.): Was ist ein Schaden? Zur normativen Dimension des Schadenbegriffs in der Risikowissenschaft. vdf, Zürich. (1994).
  11. Sandhövel, A.: Politisch-administrative Rahmenbedingungen von Umweltqualitätszielen. In: Dörhöfer, G., Thein, J. & Wiggering, H. (Hrsg.), Umweltqualitätsziele, natürliche Variabilität, Grenzwerte. Umweltgeologie heute 5 (1995), S. 17-23.
  12. Gill, B., Bizer, J. & Roller, G.: Riskante Forschung. Edition Sigma, Berlin. (1998).
  13. Jaeger, J.: Gefährdungsanalyse der anthropogenen Landschaftszerschneidung. Dissertation ETH Zürich, Nr. 13 503, (1999).

## 18. Life Cycle Assessment (LCA) als Instrument der Risikoabschätzung

*Dr. Helmut Gaugitsch,  
Umweltbundesamt GmbH Wien, Spittelauer Lände 5, A- 1090 Wien, Österreich,  
Tel.: +43-1-31304/ 3710 , E-Mail: [Gaugitsch@ubavie.gv.at](mailto:Gaugitsch@ubavie.gv.at)*

### 18.1. Zusammenfassung

Life-Cycle-Assessment (LCA), auch Ökobilanz genannt, ist ein etabliertes Instrument zur umfassenden Bewertung „von der Wiege bis zur Bahre“ von Produkten oder Produktgruppen hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen bzw. zum Vergleich von alternativen Produktionspfaden. Es ist die bisher einzige international genormte Methode zur vergleichenden Umweltanalyse von Produkten.

Im Rahmen einer Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes Wien untersuchte ein interdisziplinäres Team (ExpertInnen aus den Bereichen Ökobilanz, Gentechnik-Risiken, Landwirtschaftliche Produktionssysteme) anhand von zwei gentechnisch veränderten Modellprodukten die Anwendbarkeit der Methode LCA unter österreichischen landwirtschaftlichen Produktionsbedingungen, sowie die Möglichkeiten eines Vergleichs mit Produkten aus konventionellem Anbau ohne Gentechnik und aus biologischer Landwirtschaft. Die Erarbeitung der Studie wurde von mehreren Projekt-Workshops begleitet, zu welchen ExpertInnen aus den Bereichen Biologischer Landbau, Agrarbiotechnologieindustrie und Technikfolgenabschätzung beigezogen wurden. Mit Einschränkungen, die sich z. B. aus Datenlücken und der Schwierigkeit der Quantifizierung gentechnikspezifischer Risiken ergeben, wurde die Methode LCA als geeignet für die vergleichende Produktbewertung von gentechnisch veränderten Produkten erachtet.

Die im Auftrag des Umweltbundesamtes Wien erstellte Studie „Methodische Weiterentwicklung der Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen (LCA) gentechnisch veränderter Pflanzen“ ist eine Folgearbeit dazu. In der Studie wurde die Anregung aufgegriffen, die Möglichkeiten zu untersuchen, wie die qualitativen und halb quantitativen Aspekte der Risikoabschätzung von gentechnisch veränderten Produkten in die LCA integriert werden können. Durch eine methodische Weiterentwicklung der Wirkungsabschätzung soll eine gesamthaffere Betrachtung ermöglicht werden. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass es möglich ist, die Risiken des Anbaus gentechnisch veränderter Nutzpflanzen für die Wirkungsabschätzung der Ökobilanz in einer neuen Wirkungskategorie „Gentechnik“ zu operationalisieren. Die Bestimmung von Charakterisierungsfaktoren ist mit den vorhandenen Datengrundlagen möglich.

Mit dieser Arbeit ist im Bereich gentechnisch veränderter Produkte die methodische Umsetzung der Einbeziehung von Aspekten der Risikoabschätzung in die Wirkungsab-

schätzung durch den Versuch einer entsprechenden Quantifizierung sicher nicht abgeschlossen. Mit der Publikation dieser Studie und auch mit den im Anhang – trotz offener methodischer Fragen – bewusst vorgenommenen, rechnerischen Beispielen für zwei Modellprodukte (Mais, Raps) wird versucht, eine weiterhin notwendige internationale Diskussion auf ExpertInnenebene zu initiieren.

## 18.2. Einleitung

Die Bewertung der bisherigen Anträge auf EU-weites Inverkehrbringen von Produkten, die GVO enthalten oder aus solchen bestehen, haben gezeigt, dass über den Fragenkatalog der EU (Anhang II der RL 94/15/EG; KOMMISSION DER EU, 1994) hinausgehend, der in erster Linie Fragen zur Abschätzung primärer ökologischer Auswirkungen (z. B. Gentransfer, Verwilderung) auflistet, durch die zuständigen Behörden einiger EU-Mitgliedsländer auch Aspekte indirekter bzw. sekundärer ökologischer Auswirkungen miteinbezogen werden.

In der Monographie des Umweltbundesamtes Wien „Ökologische Effekte von Nutzpflanzen – Grundlagen für die Beurteilung transgener Pflanzen?“ (TORGERSEN, 1996) wurde zur Verbesserung der Risikoabschätzung eine Erweiterung des Fragenkatalogs der EU-Richtlinie 94/15/EG um Fragen des möglichen Einflusses der jeweiligen gentechnisch veränderten Pflanzen auf die landwirtschaftliche Praxis empfohlen.

Prinzipien, Kriterien und Harmonisierung der Risikoabschätzung waren auch Gegenstand der Beratungen zur Änderung der EU-Richtlinie 90/220/EWG, die nun mit der Beschlussfassung der EU-Richtlinie 2001/18/EG abgeschlossen sind (RAT DER EU, 2001). Die überwiegende Anzahl der Mitgliedstaaten vertreten die Position, dass im Falle von Anträgen zum Inverkehrbringen von Produkten eine umfassendere Beurteilung möglicher Umweltauswirkungen als zurzeit üblich vorgenommen werden soll. Die Verfügbarkeit der Methodik zur Erstellung von „Life-Cycle-Assessments“ (LCA) von Produkten, die bestimmte GVO enthalten oder aus solchen bestehen, könnte dabei ein geeignetes Instrumentarium darstellen. Vor diesem Hintergrund hat das Umweltbundesamt Wien die Studie „Life-Cycle-Assessment gentechnisch veränderter Produkte als Basis für eine umfassende Beurteilung möglicher Umweltauswirkungen“ (KLÖPFFER et al., 1999) in Auftrag gegeben. Das interdisziplinäre Autorenteam wurde dabei von einem Projektbegleiteteam (Experten der Industrie, der Technikfolgenabschätzung, des Biolandbaus und des Umweltbundesamtes) beraten.

In der Folgestudie des Umweltbundesamtes Wien „Methodische Weiterentwicklung der Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen (LCA) gentechnisch veränderter Pflanzen“ (KLÖPFFER et al., 2001) wurde die Anregung der ersten Studie aufgegriffen, die Möglichkeiten zu untersuchen, wie die qualitativen und halb quantitativen Aspekte der Risikoabschätzung in die LCA integriert werden können. Durch eine entsprechende methodische Weiterentwicklung der Wirkungsabschätzung soll letztendlich eine gesamthafte Betrachtung ermöglicht werden.

Da die von den AutorInnen unternommene Analyse und die vorgeschlagenen methodischen Ansätze international Neuland sind, wurde ein Entwurf der AutorInnen für die Studie in einem Workshop unter Leitung des Umweltbundesamtes Wien zur Diskussion gestellt. An diesem Workshop nahmen ExpertInnen aus unterschiedlichen Bereichen teil.

### **18.3. Studie zu „Life-Cycle-Assessment“ gentechnisch veränderter Pflanzen**

Ziel der in dieser Studie durchgeführten vergleichenden Ökobilanzen (LCA) von gentechnisch veränderten Nutzpflanzen (GVP) mit konventionell gezüchteten Sorten unter verschiedenen Anbaubedingungen ist die Erprobung der für diese Anwendung modifizierten LCA-Methodik. Weiters sollten vorläufige Schlussfolgerungen über das Umweltverhalten von GVP unter österreichischen Bedingungen abgeleitet und eine kritische Auseinandersetzung mit den EU-Bewertungsansätzen durchgeführt werden.

Die untersuchten Systeme sind Körnermais und Winterraps für die Anbauformen konventioneller Landbau, Landbau unter Verwendung von GVP und biologischer Landbau. Die gentechnische Veränderung umfasst den Schutz gegen den Befall durch Maiszünsler (Mais) und die Resistenz gegen das Herbizid Basta (Raps). Die für diese Studie entwickelte Methodik beruht auf der Ökobilanz nach ISO EN OENORM 14040 ff (ISO, 1997) mit den Komponenten Zieldefinition und Festlegung des Untersuchungsrahmens, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung. Diese Technik wurde in der Komponente Wirkungsabschätzung um verbale Risikoanalysen zu denjenigen Wirkungen erweitert, für die noch keine Quantifizierungsansätze vorliegen (GVO) bzw. nicht genügend Wirkungsdaten vorlagen (Human- und Ökotoxizität von Pestiziden und Schwermetallen). Als funktionelle Einheiten, auf die alle quantitativen Ergebnisse bezogen werden, wurden 1.000 kg Körnermais (z. B. als Tierfutter) und 1.000 l Rapsöl (für Speisezwecke) festgelegt.

Um die realen Produktionsverhältnisse für die untersuchten Pflanzen in Österreich abzubilden, wurden acht Szenarien für das System Körnermais und vier Szenarien für das System Winterraps entwickelt. Diese Szenarien decken die drei Anbauformen mit Varianten zu unterschiedlich starkem Schädlingsbefall und unterschiedlich intensiven Pflanzenschutzmaßnahmen, Düngung etc. ab, wobei die wichtigsten Anbaugelände berücksichtigt wurden. Für die GVP mussten im Ausland gewonnene Erfahrungen herangezogen werden.

Die Sachbilanzen wurden nach ISO FDIS 14041 auf einer Datenbasis berechnet, die aus speziellen Daten für die österreichische Landwirtschaft (ergänzt durch Angaben aus den EU-Mitgliedsländern und aus der Schweiz) und aus so genannten generischen Daten für Energie, Transporte und gebräuchliche Materialien bestand. Der wichtigste verwendete generische Datensatz entstammt den an der ETH Zürich entwickelten „Ökoinventaren für Energiesysteme“ (ESU-ETH, 1996). GVO-spezifische Daten für Mais wur-

den von der Firma NOVARTIS zur Verfügung gestellt. Die Sachbilanzen wurden für alle o.g. Szenarien erstellt.

Die Wirkungsabschätzung wurde im quantitativen Teil in Anlehnung an die in Europa allgemein akzeptierte holländische Methodik (CML, Leiden; C.A.U., Dreieich) unter Beachtung von ISO CD 14042 durchgeführt. Es wurden die Wirkungskategorien „Kumulierter Energieaufwand“ (KEA), „Ressourcenverbrauch“, „Naturraumbeanspruchung“, „Treibhauseffekt“ (GWP), „Versauerung“, „Eutrophierung“ und „Human- und Ökotoxizität“ (CST 95) auf der Basis der Sachbilanzen berechnet. Die qualitativen, in Teilaspekten auch halb quantitativen Risikoanalysen erstreckten sich auf die Themen Auskreuzung, Resistenzentwicklung, Aufnahme von Trans-Genen durch Mikroorganismen, Resistenzmanagement, Unwirksamwerden von biologischen Pflanzenschutzmitteln, human- und ökotoxikologische Wirkungen bestimmter Pestizide. Die Studie brachte folgende wesentliche Ergebnisse:

- Die gewählte Methodik ist geeignet, um zu aussagekräftigen Systemvergleichen zu gelangen.
- Die Sachbilanzen und Wirkungsabschätzungen zeigen, dass in den quantifizierbaren Parametern nur geringe Unterschiede zwischen GVP- und konventionellem Landbau bestehen, während der Biolandbau bei den meisten Wirkungskategorien besser abschneidet.
- Als wesentlicher Belastungsschwerpunkt wurde bei allen untersuchten Systemen die Düngung identifiziert, wobei besonders für den biologischen Landbau große Datenlücken bestehen.
- Bei den nicht quantifizierbaren Parametern zeigten die Risikoanalysen beider Systeme erhebliche Unsicherheiten in Bezug auf das ökologische Verhalten von GVO auf, die im Sinne des Vorsorgeprinzips als Risiken bei der Freisetzung und Kommerzialisierung ernst genommen werden müssen.

Für die beiden hier bearbeiteten Beispiele sind für die österreichische Landwirtschaft und Umwelt keine signifikanten Vorteile durch den Einsatz von GVO-Pflanzen zu erkennen, die in Abwägung mit den vorhandenen ökologischen Risiken für die Ablösung der bisher gebräuchlichen Landbautechniken sprechen würden.

Das zentrale Anliegen der Studie, die vergleichende Analyse und Abwägung der unterschiedlichen Agrartechniken in Abhängigkeit von den regionalen ökologischen Rahmenbedingungen, wird am besten gewährleistet, wenn den nationalen Behörden in der Europäischen Union ein nicht zu enger Entscheidungsspielraum eingeräumt wird. Eine länderspezifische Ausformung der Landwirtschaft in der EU könnte für Österreich mit seiner vergleichsweise kleinräumigen Landwirtschaft mit einem schon jetzt beachtlich hohen Anteil des biologischen Landbaus einen großen Vorteil bringen. In der Studie wird empfohlen, die aufgezeigten Daten- und Informationslücken durch nationale und ggf. EU-weite Forschungsaktivitäten zu schließen und damit – im Sinne des Vorsorge-

prinzips – dem prospektiven Umweltschutz im Agrarbereich zu dienen. Auch die hier vorgestellte Methodik ist noch verbesserungsfähig und sollte auf weitere Systeme übertragen werden.

#### **18.4. Studie zu „Methodische Weiterentwicklung der Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen (LCA) gentechnisch veränderter Pflanzen“**

In der Vorläuferstudie des Umweltbundesamtes Wien „Life-Cycle-Assessment gentechnisch veränderter Produkte als Basis für eine umfassende Beurteilung möglicher Umweltauswirkungen“ (siehe oben, Abschnitt 3) wurden erstmalig die Risiken der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen in eine Ökobilanz einbezogen. Dies erfolgte durch eine Risikoabschätzung als Ergänzung zur quantitativen Wirkungsabschätzung. Da dies methodisch noch sehr unbefriedigend war, beauftragte das Umweltbundesamt Wien die C.A.U. GmbH und das Öko-Institut e.V. mit der methodischen Weiterentwicklung der Wirkungsabschätzung für Risiken der Gentechnik. Diese Weiterentwicklung hat die Methodik der Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen zur Grundlage, wie sie in der Norm EN/ISO14042 festgelegt ist. Zur Einbindung der Risiken durch die Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen wurde von zwei Optionen ausgegangen:

1. Zuordnung der mit der gentechnischen Veränderung verbundenen möglichen Auswirkungen auf Mensch und Umwelt zu bestehenden Wirkungskategorien und der Versuch der Quantifizierung innerhalb der existierenden Charakterisierungsmethoden.
2. Schaffung einer neuen Kategorie, z. B. „Auswirkungen gentechnisch veränderter Nutzpflanzen“.

Zur Auslotung der ersten Option wurden verschiedene Charakterisierungsmodelle in den Wirkungskategorien Humantoxizität, Ökotoxizität und Naturraumbeanspruchung analysiert. Die auch in der Vorläuferstudie behandelten Risiken der Gentechnik wurden diesen Wirkungskategorien zugeordnet. Eine Einbindung in bestehende Charakterisierungsmodelle zur Human- und Ökotoxizität erschien nicht möglich, da diese auf Expositions- und Wirkungsfaktoren basieren. Zwar wäre die Bestimmung eines Expositionsfaktors für gentechnisch veränderte Organismen denkbar, jedoch nicht ein geeigneter Wirkungsfaktor.

Tabelle 18.1.: Bestimmung des Charakterisierungsfaktors für BT-176-Mais in Mitteleuropa

Risikokategorie	Wirkungsabschätzung	Betroffene Schutzgüter	Ergebnis
Durchwuchs durch Diasporenausbreitung	Dd0 = keine Diasporenausbreitung		0
Durchwuchs durch vegetative Vermehrung	Dv0 = keine vegetative Vermehrung möglich		0
Hybridisierung und Pollenausbreitungsmöglichkeiten mit Wildpflanzen	Dp0 = keine verwandten Wildpflanzen vorhanden		0
Hybridisierung Nutzpflanze/Nutzpflanze	Bereits im Feld beobachtet = 3	Menschliche Gesundheit, natürliche Umwelt, vom Menschen geschaffene Umwelt = 3	9
Resistenzentwicklung Zielorganismen	Im Labor nachgewiesen = 2	Natürliche Umwelt, vom Menschen geschaffene Umwelt = 2	4
Wirkungen auf Nichtzielorganismen und über die Nahrungskette	Im Labor nachgewiesen = 2	Natürliche Umwelt, vom Menschen geschaffene Umwelt = 2	4
Bodenwirkungen	Im Labor nachgewiesen = 2	Natürliche Umwelt, vom Menschen geschaffene Umwelt = 2	4
Wirkungen der Klonierung	Stat. signifikante Änderungen einzelner Inhaltsstoffe laut Antragsunterlagen = 1	?	
<b>Übertragene Gene</b>			
Herbizidresistenzgen	1	Natürliche Umwelt = 1	1
Delta-Endotoxigen	1	Natürliche Umwelt = 1	1
Antibiotikaresistenzgene Ampicillinresistenzgen	Wichtig in der Human- und/oder Tiermedizin (mindestens in bestimmten Anwendungsfeldern) = 3	Menschliche Gesundheit, vom Menschen geschaffene Umwelt = 2	6
Gesundheitliche Wirkungen	Liegen keinerlei Untersuchungsergebnisse vor		
<b>Summe</b>			<b>29</b>

Weiter wurde untersucht, ob in anderen schwierig zu quantifizierenden Wirkungskategorien übertragbare Lösungsansätze zur Operationalisierung existieren. Dies ist nicht der Fall. Deshalb wurden erste Schritte zur Entwicklung einer neuen Wirkungskategorie z. B. „Gentechnik“ unternommen. Diese Wirkungskategorie soll die Risiken durch die Freisetzung gentechnisch veränderter Nutzpflanzen im Rahmen des landwirtschaftlichen Anbaus abbilden und den Vergleich verschiedener gentechnisch veränderter Nutzpflanzen untereinander erlauben. Zur Ermittlung des Charakterisierungsfaktors für eine bestimmte transgene Nutzpflanze werden aus den Eintrittswahrscheinlichkeiten für die einzelnen Risikokategorien anhand von Ausbreitungswahrscheinlichkeit in einer definierten Klimazone oder der Anzahl der übertragenen Fremdgene Risikozahlen festgelegt und mit der Anzahl der jeweilig betroffenen Schutzgüter kombiniert. Datengrundlagen bilden die Antragsunterlagen (siehe Tabelle 18.1).

In der Sachbilanz wird die Anbaufläche (bzw. das Produkt aus Fläche und Nutzungsdauer) der transgenen Pflanze, bezogen auf die funktionelle Einheit, ermittelt. Das Indikatorergebnis erhält man durch Multiplikation mit dem entsprechenden Charakterisierungsfaktor. Dies wird am Beispiel von BT 176 Mais vorgestellt (siehe Tabelle 18.2).

*Tabelle 18.2.: Berechnung des Wirkungsindikatorergebnisses für ausgewählte Körnermaisszenarien*

	<b>KM-Sz. 2</b>	<b>KM-Sz. 4/5</b>	<b>KM-Sz.6</b>	<b>KM-Sz. 7</b>
Flächennutzung GVO [m <sup>2</sup> *a]/1000 kg Körnermais	0,00E+00	1,17E+03	0,00E+00	1,20E+02
R-GVO (Bt-176, ME)	29	29	29	29
<b>R-GVO</b> <b>[m<sup>2</sup>*a]/1000 kg Körnermais</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>3,39E+04</b>	<b>0,00E+00</b>	<b>3,48E+03</b>

## 18.5. Diskussion und weitere Vorgangsweise

Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass es möglich ist, die Risiken des Anbaus gentechnisch veränderter Nutzpflanzen für die Wirkungsabschätzung der Ökobilanz in einer neuen Wirkungskategorie „Gentechnik“ zu operationalisieren. Die Bestimmung von Charakterisierungsfaktoren ist mit den vorhandenen Datengrundlagen möglich.

Folgende Vorteile des Ansatzes werden in den Studien diskutiert:

- Die Methodik ermöglicht den Vergleich von GVP untereinander.
- Dabei werden natürlich Ökosysteme und Kulturlandschaften mitberücksichtigt.
- Bei adäquater Auswahl der Parameter und Kriterien kann ein Beitrag in Richtung Umsetzung des Vorsorgeprinzips geleistet werden.

- Die Methodik ist ein erster Versuch zur Quantifizierung von Risiken.

Dem wurden folgende Einschränkungen und Nachteile gegenübergestellt:

- Grenzen der LCA an sich: Systemgrenzen, Datenlücken, Unsicherheiten bei der Quantifizierung GVO-spezifischer Risiken durch unbekannte Wirkungszusammenhänge, Fragen der Bewertung.
- Die „Funktionelle Einheit“ als Basis macht bei biologischen Risiken kaum Sinn, da die Dosis-Wirkungs-Beziehung schwer etablierbar ist.
- Die Schaffung einer eigenen Wirkungskategorie „Gentechnik“ erscheint problematisch, da ähnliche Aspekte für alle Organismen gelten – eine allgemeinere Wirkungskategorie „Biologische Aspekte“ wäre angebrachter.
- Der Ansatz erlaubt keine Systemvergleiche GVP zu anderen Produktionsmethoden.
- Die Komplexitätsreduktion ökologischer Zusammenhänge, die mit der groben Vergabe von Risikomaßzahlen verbunden ist, erscheint problematisch.

Die in den Studien erarbeiteten Grundlagen sowie die Ergebnisse der vergleichenden Ökobilanzen (GVP mit konventionell gezüchteten Sorten unter verschiedenen Anbaubedingungen) werden nun in die Diskussion um eine Harmonisierung der Risikoabschätzung gentechnisch veränderter Produkte auf EU-Ebene eingebracht. Damit soll ein Beitrag zur umfassenderen Beurteilung von Umweltauswirkungen derartiger Produkte geleistet werden.

## 18.6. Literatur

1. ESU-ETH (1996): Ökoinventare von Energiesystemen. Schlussbericht der durch BEW/PSEL geförderten Projekte im Bereich „Umweltbelastung durch Energiesysteme“, 3. Aufl., Zürich.
2. ISO (1997): ISO EN 14040: Umweltmanagement – Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen (Juni 1997).
3. KLÖPFFER, W.; RENNER, I.; TAPPESE, B.; ECKELKAMP, C. & DIETRICH, R. (1999): Life Cycle Assessment gentechnisch veränderter Produkte als Basis für eine umfassende Beurteilung möglicher Umweltauswirkungen. Monographie M-111, Umweltbundesamt, Wien.
4. KLÖPFFER, W.; RENNER, I.; SCHMIDT, E.; TAPPESE, B.; GENSCHE, C.-O. & GAUGITSCH, H. (2001): Methodische Weiterentwicklung der Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen (LCA) gentechnisch veränderter Pflanzen. Monographie M-143, Umweltbundesamt, Wien.
5. KOMMISSION DER EU (1994): Richtlinie 94/15/EG der Kommission vom 15. April 1994 zur ersten Anpassung der RL 90/220/EWG des Rates über die absichtliche

Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt an den technischen Fortschritt. Amtsblatt der EG, 103/20, Brüssel.

6. RAT DER EU (2001): RL 2001/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. März 2001 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates. Amtsblatt der EG, L 106/1 bis 39.
7. TORGERSEN (1996): Ökologische Effekte von Nutzpflanzen – Grundlagen für die Beurteilung transgener Pflanzen. UBA Monographie, Band 74, Umweltbundesamt, Wien.

## 19. Liste der Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Fachtagung "Ökologische und ökosystemanalytische Ansätze von GVO"

21. und 22. November 2001 in Göttingen

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Ammer, Falk	Thür. Landesanstalt f. Landwirtschaft	Kühnhäuser Str. 101 99189 Erfurt- Kühnhausen	036201/ 817-0	036201/ 817-40	
Artelt, Dr. Petra	Bezirksregierung Braunschweig	Postfach 32 47 / Obergr. 1 38022 Braunschweig	0531/ 484-4597	0531/ 484-4610	petra.artelt@mu.n iedersachsen.de
Backhaus, Prof. Dr. Horst	Biologische Bundes- anstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA) Inst. f. Pflanzen- virologie, Mikrobiologie u. biol. Sicherheit	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig	0531/ 299-3806	0531/ 299-3013	h.backhaus@bba. de
Bartsch, PD Dr. Detlef	Lehrstuhl für Biologie V, RWTH Aachen	Worringerweg 1 52074 Aachen	0241/ 806676	0241/ 8888182	Bartsch@rwth- aachen.de
Beck, Dr. Robert	Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau	Menzinger Str. 54 80638 München	089/ 17800- 341	089/ 17800- 313	robert.beck@lbp. bayern.de
Becker, Dr. Andreas	Bayer. Landesanstalt f. Weinbau u. Gartenbau	Residenzplatz 3 97070 Würzburg	0931/ 9801-370	0931/ 9801-100	andreas.becker@ lwg.bayern.de
Becker, Dr. Regina	ZALF e.V.	Eberswalder Str. 84 15374 Müncheberg	033432/ 82-116	033432/ 82-344	rbecker@zalf.de
Beißner, Dr. Lutz	Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forst- wirtschaft (BBA)	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig	0531/ 299-3783		
Bendiek, Dr. Joachim	Robert Koch-Institut (RKI), Zentrum Gentechnologie	Wollankstr. 15-17 13187 Berlin	030/ 01888- 754-3021	030/ 01888- 754-3060	bendiekj@rki.de
Benzler, Armin	Bundesamt für Naturschutz (BfN)	Konstantinstr. 110 53179 Bonn	0228/ 8491-109	0228/ 8491-200	benzlera@bfn.de
Berhorn, Frank	Umweltbundesamt	Seecktstr. 6-10 13581 Berlin	030-8903- 3256	030/ 8903- 3380	frank.berhorn@ub a.de
Block, Annette	TUM Weihenstephan Lehrstuhl f. Pflanzen- bau u. -züchtung	Am Hochanger 2 85350 Freising	08161/ 713-189		annette.block@g mx.de
Bohn, Dr. Matthias	SunGene GmbH & Co.KG aA	Corrensstr. 3 06466 Gatersleben	039482/ 760-118	039482/ 760-199	matthias.bohn@s ungene.de
Bokeloh, Werner	A. Dieckmann- Heimburg	Kirchhorster Str. 16 31688 Nienstadt	05724/ 2991 (pr.)		

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Bopp, Martin	Journalistenbüro ecomedia Umweltzentrum Bielefeld	August-Bebel-Str. 16-18 33602 Bielefeld	0521/ 17 19 41	0521/ 17 19 46	ecomedia@t-online.de
Borgmann, Dipl. Biol. Peter	Universität Osnabrück AG Spezielle Botanik	Barbarastr. 11 49080 Osnabrück	0541/ 969-2798	0541/ 969-3171	borgmann@biologie.uni-osnabrueck.de
Bornhoff, Dr. Beatrix	BAZ, Inst. f. Rebenzüchtung	Geilweilerhof 76833 Siebeldingen	06345/ 41135	06345/ 919050	b.a.bornhoff@altavista.net
Bremer, Dr. Peter	Sächs. Staatsministerium f. Umwelt u. Landwirtschaft Referat 56 (Bio-, GT, Chemikalien)	Wilhelm-Buck-Str. 2 01097 Dresden	0351/ 564-2122	0351/ 564-2096	Peter.bremer@smul.sachsen.de
Broer, PD Dr. Inge	Universität Rostock Biologie, Abt. Mikrobiologie	Doberaner Str. 143 18041 Rostock	0381/ 494-2071	0381/ 494-2079	inge.broer@biologie.uni-rostock.de
Bübl, Dr. Walter	Aventis Crop Science Deutschland GmbH	Hessendamm 1-3 65795 Hattersheim	06190/ 803-140	06190/ 803-252	walter.buebl@aventis.com
Corell, Dr. Birgit	Bezirksregierung Braunschweig Dezernat 501	Oberbergstr. 1 38102 Braunschweig	0531/ 484-4596	0531/ 484-4610	Birgit.Corell@br-bs.niedersachsen.de
Dietz-Pfeilstetter, Dr. Antje	Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA)	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig	0531/ 299-3819	0531/ 299-3013	a.dietz@bba.de
Dohmen, Dr. Christiane	Bezirksregierung Hannover	Am Waterlooplatz 11 30169 Hannover	0511/ 106-7690	0511/ 106-99- 7690	Christiane.Dohmen@BR-H.Niedersachsen.de
Dolezel, Mag. Marion	Universität Wien Inst. f. Ökologie u. Naturschutz	Althanstr. 14 A - 1090 Wien		+43 1 42 77 95 42	marion_dolezel@hotmail.com
Ralf Einspanier, PD Dr. Dr. Ralf	TU München Physiologie Weihenstephan	Weihenstephaner Berg 3 85350 Freising	08161/ 71-3510	08161/ 71-4202	einspani@weihenstephan.de
Engel, Frauke	A. Dieckmann- Heimburg	Kirchhorster Str. 16 31688 Nienstadt	05724/ 9519-30	05724/ 9519-77	f.engel@adieckmann.de
Ernst, Dr. Dieter	GSF-FZ f. Umwelt u. Gesundheit Inst. f. Biochemische Pflanzenpathologie	Ingolstädter Landstr. 1 85764 Neuherberg	089/ 3187- 4440	089/ 3187- 3383	ernst@gsf.de
Fehrenbach, Dr. Anja	Regierungspräsidium Gießen Abt. Staatliches Umweltamt Marburg	Robert-Koch-Str.15 35037 Marburg	06421/ 616-671	06421/ 616-616	a.fehrenbach@rp-u-mr.hessen.de

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Felke, Dr. Martin	Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA)Inst. f. biologischen Pflanzenschutz	Heinrichstr. 243 64287 Darmstadt	06151/ 407-239	06151/ 407-290	M.Felke.biocontro l.bba@t-online.de
Fiedler, Dr. Jörg	Thüringer Landesamt f. Lebensmittelsicherheit u. Verbraucherschutz (TLLV) Abt. 2, Unterabt. 21	Nordhäuser Str. 74, Haus 6 99089 Erfurt	0361/ 7409114	0361/ 7409111	<a href="mailto:tlv.erfurt.mbb@t-online.de">tlv.erfurt.mbb@t-online.de</a>
Finck, Dr. Markus	VDI	Robert-Stolz-Str. 5 40470 Düsseldorf	0211/ 6214-246	0211/ 6214-157	finck@vdi.de
Fisahn, Dr. Andreas	FEU Universität Bremen - FB 6	Postfach 33 04 40 28334 Bremen	0421/ 223 9464 od. 0421/ 2182768	0421/ 218 7490	fisahn@uni- bremen.de
Freier, Dr. Bernd	Biologische Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA)	Stahnsdorfer Damm 81 14532 Kleinmachnow	033203/ 48-322	033203/ 48-425	b.freier@bba.de
Fugger, Dr. Wolf-Dietrich	Forschungszentrum Jülich GmbH Programmgruppe Mensch, Umwelt, Technik (MUT)	Leo-Brandt-Str. 52428 Jülich	02461/ 61-3566	02461/ 61-2950	w.d.fugger@fz- juelich.de
Funk, Tristan	TUM Weihenstephan Lehrstuhl f. Pflanzen- bau u. -züchtung	Am Hochanger 2 85350 Freising	08161/ 713-189		
Gathmann, Dr. Achim	Lehrstuhl für Biologie V, RWTH Aachen	Worringerweg 1 52056 Aachen	0241/ 80-266 76	0241/ 80-22 182	gathmann@bio5.r wth-aachen.de
Gaugitsch, Dr. Helmut	Umweltbundesamt GmbH	Spittelauer Lände 5 A-1090 Wien	+43-1- 31304/ 3710 od. 3720	+43-1- 31304- 3700	Gaugitsch@ubavi e.gv.at
Glöckner, Gottfried		Im Mörsfeld 6 61200 Wölfersheim	06036/ 980-140 Mobil: 0171/ 3046749	06036/ 980-142	ggloeckner@t- online.de
Graef, Dr. Frieder	ZALF	Eberswalder Str. 84 15374 Müncheberg	033432/ 82-200		f-g@bigfoot.com
Groten, Dr. Karin	Forschungszentrum Jülich GmbH Projektträger Jülich (PTJ)	52425 Jülich	02461/ 61-3720	02461/ 61-2690	k.groten@fz- juelich.de
Gruber, Dipl.-Ing. agr. Sabine	Universität Hohenheim Inst. f. Pflanzenbau u. Grünland (340)	Fruwirthstr. 23 70593 Stuttgart	0711/ 459-2380	0711/ 459-4344	grubersf@uni- hohenheim.de

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Harms, Dr. Hermann	Aventis Crop Science Deutschland GmbH	Königsberger Str. 12 31241 Ilsede	0171/ 307 0192 [05171/ 54760 Tp:05171/ 57710]	05171/ 54760	herman.harms@a ventis.com
Hertlein, Markus	Inst. f. Organisations- kommunikation IFOK	Berliner Ring 89 64625 Bensheim	06251/ 8416-72	06251/ 8416-16	hertlein@ifok.de
Hilbeck, Dr. Angelika	EcoStrat GmbH	Feldblumenstr. 10 CH-8048 Zürich	+41/ 1/ 430-3060	+41/ 1/ 430-3061	angelika.hilbeck @ecostrat.ch; ecostrat.@ecostr at.ch
Hingst, Guido	IABG mbH Niederlassung Berlin	Strasse der Pariser Kommune 38 10243 Berlin	030/ 293991- 21	030/ 293991- 44	hingst@IABG.de
Höfer, Monika	BAZ Inst. f. Obstzüchtung	Pillnitzer Platz 3a 01326 Dresden	0351/ 2616-222	0351/ 2616-213	m.hoefer@bafz.d e
Hoffmann, Dr. Torsten	Landesumweltamt Brandenburg Referat I 5	Michendorfer Chaussee 114 14473 Potsdam	0331/ 2776-180	0331/ 2776-236	torsten.hoffmann @lua.brandenbur g.de
Hofmann, Frieder	Ökologiebüro TIEM Integrierte Umweltüberwachung	Rennstieg 25 28205 Bremen	0421- 706474	0421/ 74106	f.hofmann@oekol ogiebuero.de
Hofmann, Dr. Nicola	Nds. Landesamt für Ökologie	An der Scharlake 39 31135 Hildesheim	05121/ 509-156	05121/ 509-196	nicola.hofmann@ nloe.niedersachse n.de
Hommel, Dr. Bernd	Biolog. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirt- schaft (BBA) Inst. f. integrierten Pflanzenschutz	Stahnsdorfer Damm 81 14532 Kleinmachnow	033203/ 48-312 p: 03329/ 612736	033203/ 48-425	b.hommel@bba.d e
Hund-Rinke, Dr. Kerstin	FhI f. Umweltchemie u. Ökotoxikologie	Auf dem Aberg 1 57392 Schmallenberg	02972/ 302-266	02972/ 302-328	hund@iuct.fhg.de
Ide, Imke	Greenpeace e.V.	Große Elbstr. 39 22767 Hamburg	040/ 30618- 389	040/ 30618- 140	imke.ide@greenp eace.de
Just, Mag. Gertrude	Universität Wien Inst. f. Ökologie u. Naturschutz	Althanstr. 14 A - 1090 Wien	+43 664/ 57 22 566	+43 1 726 33 63	tjust@manstein- medizin.at
Katzek, Dr. Jens	Deutsche Industrievereinigung Biotechnologie	Karlstr. 21 60329 Frankfurt / Main	069/ 2556- 1459	069/ 2556- 1620	katzek@vci.de
Keidel, Dr. Harry	Ministerium f. Umwelt u. Forsten	Kaiser-Friedrich-Str. 1 55116 Mainz	06131/ 16-4430	06131/ 16-4644	harry.keidel@muf .rlp.de

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Keller, Dr. Julia	Université de Neuchâtel Faculté des Sciences - Institut de Botanique	Rue Émile-Argand 11 - Case Postale 2 CH - 2007 Neuchâtel	+41-32- 7182446		Julia.keller@unin e.ch
Kiesecker, Dr. Heiko	Universität Hannover LG-Molekulargenetik	Herrenhäuserstr. 2 30419 Hannover	0511/ 762-3609	0511/ 762-4088	kiesecker@lgm.u ni-hannover.de
Klenner, Dr. Michael	Landwirtschaftskammer Westfalen Lippe	Postfach 59 80 48135 Münster	0251/ 2376-705	0251/ 2376-644	Michael.klenner@ lk-wl.nrw.de
Kley, Dr. Gisbert	BDP Vorsitzender d. Abt. Bio- u. Gentechnologie des BDP	Im Heidkamp 2 59555 Lippstadt	02941/ 61203	02941/ 63089	
Krug, Dr. Manfred	Landesamt für Umweltschutz Halle, Sachsen-Anhalt	Reideburger Str. 47 06116 Halle / Saale	0345/ 5704-214	0345/ 570-4190	krug@lau.mu.lsa- net.de
Lang, Dr. Andreas	Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau	Lange Point 10 85354 Freising	08161/ 7157-22	08161/ 7157-35	Andreas.Lang@lb p.bayern.de
Lemke, Marcus	Forschungsstelle f. Europäisches Umweltrecht Universität Bremen - Fachbereich 6	GW 1 B 2090 28334 Bremen	0421/ 218-3169	0421/ 218-7490	mlemke@uni- bremen.de
Leopold, Dr. Jörg	Inst. f. Pflanzenpathologie u. Pflanzenschutz Abt. Agrarentomologie	Grisebachstr. 6 37077 Göttingen	0551/ 39- 9549	0551/ 39-12105	jleopol@gwdg.de
Loinig, Andreas	Interuniversitäres Forschungszentrum f. Technik, Arbeit u. Kultur (IFF/IFZ)	Schlöggelgasse 2 A-8010 Graz	+43 316/ 813909-8	+43 316/ 810274	loinig@ifz.tu- graz.ac.at
Ludy, Claudia	Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau	Lange Point 10 85354 Freising	08161/ 7157-18	08161/ 7157-35	Claudia.Ludy@lb p.bayern.de
Lührs, Dr. Renate	MPB Cologne GmbH	Neurather Ring 1 51063 Köln	0221/ 64701-24	0221/ 64701-99	r.luehrs@mpb- cologne.com
Märländer, Prof. Dr. Bernward	Institut für Zucker- rübenforschung	Holtenser Landstr. 77 37079 Göttingen	0551/ 50562-10	0551/ 50562-99	maerlaender@ifz- goettingen.de
Matzk, Dr. Anja	KWS SAAT AG / PLANTA GmbH	Grimsehlstr. 31 37555 Einbeck	05561/ 311-629	05561/ 311-990	a.matzk@kws.de
Meise, Thomas	Biolog. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA) Inst. f. biolog. Pflanzenschutz	Heinrichstr. 243 64287 Darmstadt	06151/ 407-233	06151/ 407-290	Th.Meise.biocontr ol.bba@t- online.de

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Menzel, Gertrud	Universität Bremen UFT – Abt. 10	Postfach 330440 28334 Bremen	0421/ 218-4200	0421/ 218-7654	gmenzel@uni- bremen.de
Mertens, Dr. Martha	Institut für Biodiversität	Immünster Str. 33 80686 München	089/ 580 07693	089/ 56 25 48	Martha.Mertens@ t-online.de
Meyer, Dr. Hartmut		Kleine Wiese 6 38116 Braunschweig	0531/ 5168746		hmeyer@ngi.de
Middelhoff, Dr. Ulrike	Universität Bremen UFT – Abt. 10 Ökologie	Postfach 33 04 40 28334 Bremen	0421/ 2180- 4200		umid@uni- bremen.de
Miehe, Anne	Umweltbundesamt FG IV 2.5	Seecktstr. 6-10 13581 Berlin	030/ 8903- 3254	030/ 8903- 3380	anne.miehe@uba .de
Minol, Dr. Klaus	Genius GmbH	Robert-Bosch-Str. 7 64293 Darmstadt	06151/ 872-4042	06151/ 872-4041	kminol@genius- biotech.de
Mohr, Kathrin	Bundesforschungsanst alt f. Landwirtschaft (FAL)	Bundesallee 50 38116 Braunschweig	0531/ 5962-523	0531/ 5962-599	Kathrin.Mohr@fal. de
Müller, Werner	Ecological Risk Research	Eisenstrasse 141/3 A – 5350 Strobl			eco- risk@utanet.at
Neddermann, Simone	KWS SAAT AG / PLANTA GmbH	Grimsehlstr. 31 37555 Einbeck	05561/ 311-728	05561/ 311-992	s.neddermann@k ws.de
Niederelz, MinR Peter H.	Hess. Ministerium f. Umwelt, Landwirt- schaft u. Forsten	Hölderlinstr. 1-3 65187 Wiesbaden	0611/ 817-2305 (??)	0611/ 817-2181	p.niederelz@mulf. hessen.de
Nöh, Ingrid	Umweltbundesamt FG IV 2.5	Seecktstr. 6-10 13581 Berlin	030/ 8903- 3250	030/ 8903- 3380	ingrid.noeh@uba. de
Otto, Dr. Mathias	Umweltbundesamt FG IV 2.5	Seecktstr. 6-10 13581 Berlin	030/ 8903- 3698	030/ 8903- 3380	mathias.otto@ub a.de
Paulus, Dr. Christiane	Bundesministerium f. Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit (BMU), Ref. N II 4, Biotechnologie	Postfach 12 06 29 53048 Bonn	0228/ 305-2646	0228/ 305-2695	Paulus.christiane @bmu.de
Pechlaner, Prof. Dr. Roland	o. Univ.-Prof. f. Limnologie i.R.	Riedgasse 30 A-6020 Innsbruck	0043/ 512- 283120	0043/ 512- 283120	email noch nicht verfügbar
Peichl, Dr. Ludwig	Bayer. Landesamt für Umweltschutz	Bürgermeister-Ulrich- Str. 160 86179 Augsburg	0821/ 9071- 5508	0821/ 9071- 5559	ludwig.peichl@lfu. bayern.de
Petersen, Dr. Jan	Institut für Zuckerrübenforschung	Holtenser Landstr. 77 37079 Göttingen	0551/ 50562-70	0551/ 50562-99	petersen@ifz- goettingen.de
Peuke, Dr. Andreas	Universität Freiburg Institut für Baumphysiologie	Georges-Köhler-Allee, Gebäude 053 79085 Freiburg	0761/ 203-8310	0761/ 203-8302	AD_Peuke@web. de

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Pohl, Dr. Matthias	TÜV-Hannover/Sachsen-Anhalt e.V.	Am TÜV 1 30519 Hannover	0511/ 986-1537	0511/ 986-1848	MPohl@tuev-nord.de
Poppel, Pia	Biolog. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA) Inst. f. Integrierten Pflanzenschutz	Stahnsdorfer Damm 81 14532 Kleinmachnow	033203/ 48-303	033203/ 48-425	P.Poppel@bba.de
Raubuch, PD Dr. Markus	GhK, FB 11, Landwirtschaft, Internationale Agrarentwicklung u. Ökologische Umweltsicherheit - FG Bodenbiologie	Nordbahnhofstr. 1a 37213 Witzenhausen	Td: 05542- 981671	05542/ 981596	raubuch@wiz.uni-kassel.de
Reuter, Dr. Hauke	Universität Bremen UFT, Abt. 10	Postfach 330 440 28334 Bremen	0421/ 218-4348	0421/ 218-7654	hauke.reuter@uni-bremen.de
Richter, Andrea	Universität Hannover LG-Molekulargenetik	Herrenhäuserstr. 2 30419 Hannover	0511/ 762-3609	0511/ 762-4082	luebke@lgm.uni-hannover.de
Rief, Stephanie	TU München Inst. f. Physiologie	Weihenstephaner Berg 3 85350 Freising	08161/ 71-5550	08161/ 71-4204	rief@weihenstephan.de
Roller, Dipl.-Agrar-Biol. Albrecht	TU München / Weihenstephan Lehrstuhl f. Vegetationsökologie	Am Hochanger 6 85350 Freising-Weihenstephan	08161/ 71-4043	08161/ 71-4143	roller@wzw.tum.de
Rufener Al Mazyad, Dr. Pia	Universität Bern Botanischer Garten	Altenbergrain 21 CH - 3013 Bern	+41-31- 631 37 67	+41-31- 631 49 93	Pia.rufener@ips.unibe.ch
Scherwaß, Dr. Rüdiger	IVÖR-Institut	Volmerswertherstr. 80-86 40221 Düsseldorf	0211- 601845- 71	0211- 601845- 80	r.scherwass@ivoer.de
Schieferstein, Dr. Barbara		Bussestr. 16c 27570 Bremerhaven	0471/ 417798	0471- 417550	bschieferstein@ttz-bremerhaven.de
Schlechtriemen, Ulrich	TIEM Integrierte Umweltüberwachung GbR	Im Sacke 2 37176 Nörten-Hardenberg	05594/ 345	05594/ 8364	forst-schlechtriemen@t-online.de
Schlöter, Dr. Michael	GSF-FZ f. Umwelt u. Gesundheit	Ingolstädter Landstr. 1 85758 Oberschleißheim	089/ 3187- 2304	089/ 3187- 3376	schloeter@gsf.de
Schmid, Dipl. Biol. Kurt	Bund Naturschutz in Bayern e.V.	Pettenkoferstr. 10 a/l 80336 München	089/ 548298 -88 od.-63	089/ 548298- 18	fa@bund-naturschutz.de
Schmidt, Prof. Dr. Erwin R.	Universität Mainz Inst. f. Molekulargenetik	J.-J. Becher Weg 32 55099 Mainz	06131/ 392-5224	06131/ 392-5346	schmidt@molgen.biologie.uni-mainz.de
Schmidt, RA Hanspeter		Sternwaldstrasse 6a 79102 Freiburg	0761/ 702542	0761/ 702520	hps@prolink.de

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Schmützler, Dr. Klaus		Unter den Ulmen 05 65817 Eppstein	06198/ 32445	06198/ 8052	Klaus.Schmützler @aventis.com
Schröder, Prof. Dr. M.A. Winfried	Hochschule Vechta Institut f. Umweltwissenschaften - Forschungszentrum für Geoinformatik und Fernerkundung (FZG)	Postfach 15 53 49364 Vechta	04441/ 15-559, - 420 (Sekretäri nnen)	04441/ 15-464	wschroeder@iuw. uni-vechta.de
Schüler, Dr. Christian	Universität Gesamthochschule Kassel (GhK) FG Ökolog. Land- u. Pflanzenbausysteme	Nordbahnhofstr. 1a 37213 Witzenhausen	Tel: 05542/ 98-1570	05542/ 98-1568	schueler@wiz.uni -kassel.de
Schulte, Dr. Elisabeth	Genius Biotechnologie GmbH	Robert-Bosch-Str. 7 64293 Darmstadt	06151/ 872-4040	06151/ 872-4041	eschulte@genius- biotech.de
Schuphan, Prof. Dr. Ingolf	Lehrstuhl für Biologie V, RWTH Aachen	Worringerweg 1 52054 Aachen	0241/ 80- 2 66 77	0241/ 80-22 182	schuphan@bio5.r wth-aachen.de
Schütte, Dr. Gesine	Universität Hamburg FSPBIOGUM	Ohnhorststr. 18 22609 Hamburg	040/ 42816- 514	040/ 42816- 257	g.schuette@uni- hamburg.de
Schwarz, Dr. Gerhard	TUM Weihestephan Lehrstuhl f. Pflanzen- bau u. -züchtung	Am Hochanger 2 85350 Freising	08161/ 71-3189	08161/ 71-5173	gschwarz@weihe nstephan.de
Seher, Carsten	Umweltministerium NRW	40190 Düsseldorf	0211/ 4566-652	0211/ 4566-948	carsten.seher@m unlv.nrw.de
Sick, Dr. Martina	Biolog. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA) Inst. f. Integrierten Pflanzenschutz	Stahnsdorfer Damm 81 14532 Kleinmachnow	033203/ 48-306	033203/ 48-425	M.Sick@bba.de
Stachow, Dr. Ulrich	ZALF-LS	Eberswalder Str. 84 15374 Müncheberg	033432/ 82-267	033432/ 82-387	ustachow@zalf.d e
Starck, Dr. Hans- Georg	Ministerium f. Umwelt, Natur u. Forsten des Landes Schleswig- Holstein	Mercatorstr. 3 24116 Kiel	0431/ 988-7124	0431/ 988-7239	hans- georg.starck@um in.landsh.de
Steinbrecher, Dipl.- Ing. agr. Isolde	Institut für Pflanzenpathologie u. Pflanzenschutz Abt. Agrarentomologie	Grisebachstr. 6 37077 Göttingen	0551/ 39- 3732	0551/ 39-12105	isteinb@gwdg.de
Strodthoff, Henning	Gen-ethisches Netzwerk e.V. (GeN)	Brunnenstr. 4 10119 Berlin	030/ 68- 58030	030/ 68-41833 (GID)	Henning.Strodthof f@gen-ethisches- netzwerk.de
Tappeser, Dr. Beatrix	Öko-Institut e.V.	Postfach 62 26 79038 Freiburg	0761/ 45295-39	0761/ 475437	tappeser@oeko.d e

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Teufelbauer, Norbert	Universität Wien Inst. f. Ökologie u. Naturschutz	Schließmannngasse 5- 7/A/14 A - 1130 Wien			n_teufelbauer@h otmail.com
Theenhaus, Dr. Anne	Bayer. Landesamt für Umweltschutz	Bürgermeister-Ulrich- Str. 160 86179 Augsburg	0821/ 9071- 5508	0821/ 9071- 5559	Anne.Theenhaus @lfu.bayern.de
Thorwest, Dr. Astrid		Stegemühlenweg 63 37083 Göttingen	0551/ 7709766	0551/ 7709766	a_thorwest@yaho o.de
Traxler, Mag. Dr. Andreas	Universität Wien Inst. f. Ökologie u. Naturschutz	Föhrengasse 54 A – 2201 Gerasdorf	+43- 02246- 4282; Mobil: +43-699- 10860221	+43- 02246- 4282	traxl@pflaphy.pph .univie.ac.at
Twistel, Gabriele	Umweltbundesamt FG II 1.1	Postfach 330022 14191 Berlin	030/ 8903- 2169	030/ 8903-	gabriele.twistel@ uba.de
Ulmer, Svend	Katalyse Inst. f. angewandte Umweltforschung	Remigiusstr. 21 50937 Köln	0221/ 944048- 22 (bzw. - 0)	0221/ 944048-9	ulmer@katalyse.d e; <a href="http://www.umwelt.de/Katalyse">http://www.umwelt. de/Katalyse</a>
Vidal, Prof. Dr. Stefan	Universität Göttingen G290 Inst. f. Pflanzenkrank- heiten und Pflanzenschutz	Grisebachstr. 6 37077 Göttingen	0551/ 39- 9744 (-3730 Sekt.); Mobil: 0173/ 521 73 15	0551/ 39-12105	svidal@gwdg.de
Vogel, Benno	Büro f. Umweltchemie	Hottingerstr. 32 CH- 8032 Zürich	41-(0)1/ 26225-62	41-(0)1/ 26225-70	b.vogel@umweltc hemie.ch
Volkmar, PD Dr. Christa	Universität Halle Inst. f. Pflanzenzüchtung u. Pflanzenschutz	L.-Wucherer-Str. 02 06108 Halle	0345/ 55- 22663	0345/ 55-27120	Volkmar@landw. uni-halle.de
Waldhardt, Dr. Rainer	Universität Gießen Professur f. Landschaftsökologie u. Landschaftsplanung - FB 09	Heinrich-Buff-Ring 26- 32 35392 Gießen	0641/ 99- 37163	0641/ 99-37169	rainer.waldhardt @agrar.uni- giessen.de
Wicke, Gisela	Nds. Landesamt für Ökologie Fachbehörde für Naturschutz	An der Scharlake 39 31135 Hildesheim	Td: 05121- 509-286; Tp: 05108- 7113	Fax: s. Tp	Gisela.wicke@gm x.net
Wieland, Dr. Gabriele	Nds. Landesamt für Ökologie	An der Scharlake 39 31135 Hildesheim	05121/ 509-522	05121/ 509-196	gabriele.wieland @nloe.niedersach sen.de

Name	Institution	Anschrift	Telefon	Fax	E-Mail
Wilbois, Klaus-Peter	FIBL Berlin e.V. Forschungsinstitut f. biolog. Landbau	Rungestr. 19 10179 Berlin	030/ 27 58 17- 50	030/ 27 58 17- 59	<a href="mailto:Klaus.Wilbois@fibl.de">Klaus.Wilbois@fibl.de</a> <a href="http://www.fibl.de">http://www.fibl.de</a>
Wilhelm, Dr. Ralf	Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft (BBA) - PS -	Messeweg 11/12 38104 Braunschweig	0531/ 299-3702	0531/ 299-3013	<a href="mailto:r.wilhelm@bba.de">r.wilhelm@bba.de</a>
Winter-Huneck, Brunhild	Landesamt für Umweltschutz Halle/Saale Abtlg. 6 Naturschutz	Reideburger Str. 47 06116 Halle/Saale	0345/ 5704-688		<a href="mailto:winter@lau.mu.lsa-net.de">winter@lau.mu.lsa-net.de</a>
Witting, Dr. Paul	Bundesministerium f. Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit (BMU) Ref. N II 4, Biotechnologie	Postfach 12 06 29 53048 Bonn	0228/ 305-2760  od. -2664	0228/ 305-2695	<a href="mailto:Witting.Paul@bmu.de">Witting.Paul@bmu.de</a>
Wolff-Straub, Dr. Rotraud	Landesanstalt f. Ökologie, Bodenordnung u. Forsten (LÖBF), NRW Landesamt für Agrarordnung	Castroper Str. 30 45665 Recklinghausen	02361/ 305-318	02361/ 305-539	<a href="mailto:rotraud.wolff-straub@loebf.nrw.de">rotraud.wolff-straub@loebf.nrw.de</a>
Züghart, Dr. Wiebke	Universität Bremen UFT – Abt. 10 Ökologie	Postfach 330440/ 28334 Bremen	0421/ 218-7729	0421/ 218-7654	<a href="mailto:zueghart@uni-bremen.de">zueghart@uni-bremen.de</a>