

**TA-Projekt *Nachhaltige Landwirtschaft*
1997 – 1999**

4/6 Abschätzungen der Auswirkungen transgener Sorten auf
Umweltqualitätsziele

im Projekt:

Nachhaltige Landwirtschaft - Kriterien für Pflanzenzüchtung und
Pflanzenproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Potentials
der modernen Biotechnologie

Technischer Bericht

Abschätzungen der Auswirkungen transgener Sorten auf Umweltqualitätsziele

im Projekt:

Nachhaltige Landwirtschaft - Kriterien für Pflanzenzüchtung und
Pflanzenproduktion unter besonderer Berücksichtigung des Potentials
der modernen Biotechnologie

**A. Werner
G. Berger
U. Stachow
M. Glemnitz**

Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) e.V.
Institut für Landnutzungssysteme und Landschaftsökologie
Müncheberg

Februar 2000

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung und Zielstellung des Projektes	5
2	Landwirtschaftliche Pflanzenproduktion im Konzept der nachhaltigen Entwicklung	6
2.1.	Ausgangsüberlegungen zur <i>nachhaltigen Entwicklung</i>	6
2.2.	Grundlegende Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung der Landnutzung	7
2.3.	Systemgrenzen einer nachhaltigen Entwicklung zur Landnutzung	8
2.4.	Die Umsetzung des Konzeptes der nachhaltigen Entwicklung	9
3	Vorgehensweise zur Abschätzung der Auswirkung von pflanzenbaulichen Anbauverfahren auf Umweltqualitätsziele	10
3.1	Auswahl Umweltqualitätsziele	10
3.1.1	Abiotische Umweltqualitätsziele	10
3.1.2	Biotische Umweltqualitätsziele	11
3.1.3	Diskussion der Beurteilung von ökologischen Wirkungen transgener Sorten anhand der benötigten Aufwandmengen von Pflanzenschutzmitteln	11
3.2	Abschätzung der Wirkung von Anbauverfahren auf Umweltqualitätsziele	13
3.3	Szenarienrechnungen	13
4	Wirkung des Anbaus transgener Sorten auf einen ausgewählten abiotischen Indikator: Energieeffizienz der pflanzenbaulichen Produktion	15
4.1	Grundlagen	15
4.2	Methodenbeschreibung	15
4.3	Ergebnisse und Diskussion	15
4.3.1	Energieeffizienz einzelner Kulturarten in der Verfahrensbetrachtung	15
4.3.2	Einfluss von Sortenart und Bewirtschaftungsweise auf die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion	17
4.3.3	Einfluss von Betriebsgröße, Sortenart und Bewirtschaftungsweise auf die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion	19
5	Wirkung des Anbaus transgener Sorten auf Biozönosen der Agrarlandschaft	21
5.1	Problem- und Zielstellung zum Beurteilungsbereich Biotik	21
5.2	Vorbemerkungen zum Aspekt der Biozönosen von Agrarlandschaften	21
5.3	Indikatoren zur Beurteilung der Bewirtschaftungseinflüsse auf Biozönosen	23
5.3.1	Grundlagen und Indikatorenauswahl	23
5.3.2	Beschreibung der Indikatoren	24
5.3.3	Ökologische Wechselwirkungen zwischen den Indikatoren	29
5.3.4	Sensibilität der Indikatoren gegenüber Bewirtschaftungseinflüssen	30
5.4	Methoden	32
5.4.1	Bewertungsmodell	32
5.4.2	Biotopwert auf Populationsbasis	33
5.4.3	Potenzieller Biotopwert von Fruchtarten	34
5.4.4	Anbauverfahrenswert	36
5.4.4.1	Anbauverfahren und Maßnahmegruppen	36
5.4.4.2	Biotische Wirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen	37
5.4.4.3	Wichtung der biotischen Wirkungen	40
5.4.4.4	Ableitung eines indikatorbezogenen Wertes zur biotischen Wirkung von Anbauverfahren	40

5.4.5	Ableitung eines indikatorbezogenen Wertes zur aktuellen Biotopwirkung von Anbauverfahren	42
5.4.6	Qualitative Beurteilung von Biotopwerten	44
5.4.7	Ergebnisdarstellung	46
5.4.7.1	Anbauverfahrenbezogener Vergleich genetisch veränderter zu nicht veränderten Kulturpflanzen	46
5.4.7.2	Szenarienrechnungen	46
5.4.8	Vergleich der Bewertungsergebnisse mit Expertenschätzungen	46
5.5	Ergebnisse und Diskussion	49
5.5.1	Vergleich von Anbauverfahren mit gentechnisch veränderten bzw. nicht veränderten Kulturpflanzen	49
5.5.1.1	Herbizidresistenz	49
5.5.1.1.1	Zuckerrüben	49
5.5.1.1.2	Winterraps	51
5.5.1.1.3	Silomais	52
5.5.1.1.4	Körnermais	52
5.5.1.2	Insektenresistenz	53
5.5.1.2.1	Silomais	54
5.5.1.2.2	Körnermais	54
5.5.1.2.3	Kartoffeln	55
5.5.1.3	Pilzresistenz	57
5.5.1.3.1	Winterweizen	58
5.5.1.3.2	Kartoffeln	58
5.5.2	Vergleich der Bewirtschaftungsweisen bei Anbau von gentechnisch veränderten bzw. nicht veränderten Kulturpflanzen (Szenarien)	60
5.5.2.1	Bedeutung des Anbaus mit / ohne transgene Sorten für den Biotop- und Artenschutz	61
5.5.2.2	Bedeutung der Bewirtschaftungsweise (konventionell, integriert, biologisch) für den Biotop- und Artenschutz	63
5.5.2.3	Bedeutung des Anbaus transgener Kulturarten in Wechselwirkung mit der Bewirtschaftungsweise (konventionell, integriert, biologisch) für den Biotop- und Artenschutz	66
5.5.2.4	Bedeutung des Anbaus transgener Sorten für den Biotop- und Artenschutz bei verschiedenen Bewirtschaftungsweisen unter den Rahmenbedingungen der Jahre 1998 bzw. 2003	69
5.5.2.5	Betriebsgröße und Wirkungen des Anbaus transgener Sorten	73
5.5.2.6	Das Verhalten der Indikatoren in den Szenarien	75
5.5.2.7	Langfristige Wirkungen auf die Artengruppen	76
5.6	Biotische Wirkungen genetisch induzierter Resistenzen bei Kulturpflanzen - Zusammenfassende Diskussion -	79
5.6.1	Toleranz der Sorten gegenüber Herbiziden	79
5.6.2	Resistenz der Sorten gegenüber Krankheitserregern oder Schädlingen	80
5.7	Weitere Entwicklungsmöglichkeiten der Bewertungsmethode	82
6	Gesamtzusammenfassung	84
6.1	Überblick	84
6.2	Darstellung von Details	86
7	Zitierte Literatur	94
8	Tabellenanhang	99

1 Einleitung und Zielstellung des Projektes

Der umfassende Anspruch, die weitere Entwicklung der landwirtschaftlichen Landnutzung (und die anderer wirtschaftlicher Handlungen) so zu gestalten, dass die Prinzipien der 'Nachhaltigkeit' erfüllt werden, ist durchaus sinnvoll und gerechtfertigt. Wenn es gelingt, die Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung in der Praxis umzusetzen, würden verschiedene gesellschaftliche und sektorale Forderungen an die Landwirtschaft besser berücksichtigt werden können. Eine wichtige Aufgabe von Wissenschaft, Beratung und Politik wird es sein, diese Prozesse in geeigneter Weise zu begleiten und zu fördern. Dies setzt unter anderem voraus, dass bezüglich relevanter Indikatoren des Nachhaltigkeitsansatzes die Wirkungen der aktuellen und der zukünftigen Technologien der Pflanzenproduktion sowie die Wirkungen der daraus resultierenden Anbauverfahren und der mit ihnen verbundenen Bewirtschaftungsweisen abgeschätzt werden können (Werner 1999).

Diese Wirkungen - insbesondere die ökologischen - ableiten zu können, ist schon für die aktuell bekannten und mit ausreichender empirischer Datengrundlage belegten Produktionssysteme der Landwirtschaft schwierig genug (Bachfischer 1978, Keller 1994, Knauer 1994, 1997, Meyer-Aurich et al. 1998, Mühlenberg und Slowik 1997). Besondere Schwierigkeiten treten aber dann auf, wenn neuartige Technologien im Vorfeld ihrer Einführung auf ihre ökologischen Wirkungen abgeschätzt werden sollen. Eine solche *prospektive Technikfolgenabschätzung* ist aber erforderlich, wenn neue Produktions-technologien oder Anbausysteme auf ihre Bedeutung für das Konzept der 'nachhaltigen Entwicklung' untersucht und dabei auch mit der Wirkung bisher üblicher Technologien und Systeme verglichen werden sollen. Auch für eine gezielte Weiterentwicklung oder Anpassung der vorhandenen bzw. neuen Technologien oder der mit ihnen gestalteten Anbausysteme an spezielle ökonomische und ökologische Ansprüche ist eine solche Abschätzung erforderlich.

Dies trifft in erheblichem Maße für die Einführung transgener Sorten ('GVO-Pflanzen') in die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion zu. Mit deren Einführung wird neben ökonomischen und organisatorischen Vorteilswirkungen für die landwirtschaftlichen Betriebe und neben den genökologischen Konsequenzen (u.a. Bartsch 1996) sowie Konsequenzen für die Qualität der landwirtschaftlichen Produkte (u.a. Franck-Oberaspach und Keller 1996) eine Reihe von möglichen Effekten für die Umwelt unterstellt, die in ihrer generellen Tendenz aber noch nicht eingeschätzt werden können (u.a. Korell et al. 1997, Schütte 1995, Schulte und Käppeli, 1996).

In der vorliegenden Studie werden Umweltqualitätsziele (Fürst et al. 1992) festgelegt, die als wichtige ökologische Indikatoren für die Beurteilung der umwelt- und naturschutzbezogenen Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung der Landnutzung geeignet sind (Werner und Seyfarth 2000). Zielstellung der Studie ist es, für diese Umweltqualitätsziele die Einflüsse von verschiedenen Anbausystemen und Bewirtschaftungsweisen mit oder ohne transgene Sorten abzuleiten. Die Ergebnisse dieser Beurteilungen sollen helfen, die verschiedenen Kombinationen des Anbaus von transgenen Sorten bei verschiedenen Bewirtschaftungsweisen, Standorten, Betriebsgrößen und Anbausystemen auf deren Wirkung für Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung zu vergleichen. Basis für diese Kombinationen sind betriebswirtschaftliche Szenarien - und damit deren Anbauverfahren -, die speziell für die Gesamtstudie definiert und hinsichtlich ihrer ökonomischen Komponente der nachhaltigen Entwicklung analysiert wurden (Eggenschwiler et al. 1999).

Dem Einsatz von transgenen Sorten mit ihren Resistenzeigenschaften (u.a. gegen Schädlinge und Krankheiten sowie gegen nicht selektive Herbizide) werden u.a. folgende umweltentlastende Wirkungen der landwirtschaftlichen Produktion unterstellt: (i) eine bessere Nutzung abiotischer Ressourcen sowie (ii) eine Verringerung der Belastung der Umwelt durch verringerten Einsatz an Pflanzenschutzmitteln. Die vorliegende Studie beschäftigt sich deshalb mit ausgewählten Indikatoren aus dem Bereich des abiotischen Ressourcenschutzes (Energieeffizienz der Pflanzenproduktion = Schutz nicht erneuerbarer Energiequellen und den Folgewirkungen deren Nutzung) sowie des biotischen Ressourcenschutzes (Biotopqualität der Ackerflächen).

2 Landwirtschaftliche Pflanzenproduktion im Konzept der nachhaltigen Entwicklung

2.1 Ausgangsüberlegungen zur nachhaltigen Entwicklung

Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung kann als eine Modeerscheinung bezeichnet werden, die versucht, neue Lösungen für ein altes Problem zu bieten: der ökonomisch – ökologische Widerspruch des menschlichen Handelns (Haber 1994). Der mit diesem Konzept verbundene ganzheitliche Anspruch, welcher gleichzeitig Ökonomie, Ökologie und soziale Aspekte einbezieht, ist attraktiv für Politik und Administration aber auch für die Wissenschaft. Dabei sind die Erwartungen z.T. sehr hoch, dass durch Forschung und neue Entwicklungen insbesondere die ökologischen Aspekte der Produktion, besonders der landwirtschaftlichen, berücksichtigt werden (Christen 1996, Lélé 1991, Gatto 1995, Hansen 1996).

Gegenwärtig werden deshalb oft einzelne punktuelle Verbesserungen von (pflanzenbaulichen) Produktionssystemen, die zu höherer Effizienz oder geringerer Umweltbelastung führen, als Schritte einer nachhaltigen Entwicklung dargestellt. Es ist aber offensichtlich, dass der Ansatz einer nachhaltigen Entwicklung ein umfassender ist und nicht durch einzelne, isolierte Änderungen von Technologien oder anderem menschlichen Handeln erreicht werden kann. Forschung und Entwicklungen zur Effizienzsteigerung oder Verringerung unerwünschter Nebenwirkungen von Technologien sind nichts Neues. Der Einfluss von Ergebnissen derartiger Forschung auf eine nachhaltige Entwicklung ist deshalb eher als zufällig zu bezeichnen und ihre Anwendung kann kaum eine realistische Umsetzung des Nachhaltigkeitskonzeptes fördern. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Forschung und Entwicklung kein integratives, das Gesamtziel einer nachhaltigen Entwicklung (s.u.) verfolgendes Konzept zugrunde liegt.

Ein praktischer Ansatz für ein nachhaltiges Landnutzungssystem muss die fundamentalen Aspekte des Ressourcenschutzes (abiotischer und biotischer Bereich) (Goodland 1996) sowie eine ausreichende Wirtschaftlichkeit der landwirtschaftlichen Betriebe und zufriedenstellende soziale Funktionen im ländlichen Raum erfüllen. Die Naturwissenschaften können die Wirkungen und die Tragkapazitäten der natürlichen Prozesse und Kompartimente der Landschaft analysieren. Jedoch können die Vertreter der Naturwissenschaften nicht festlegen, bis zu welchem Grad sich die Öko-, Betriebs- oder Sozialsysteme ändern sollen und welche Nutzungssysteme die erwünschten Bestandteile der Landnutzung sein sollten. Derartiges kann nur unter Berücksichtigung der aktuellen und zukünftigen Bedürfnisse der Gesellschaft definiert werden (Haber 1994). Die aus ökonomischen Gründen benötigten Anteile von genutzten Flächen in Landschaften bzw. die aus ökologischer Sicht gewünschten Anteile von naturbelassenen Bereichen sowie die geeignete Art und Weise der Landwirtschaft einer Region können nur in

einem andauernden politischen Prozess ermittelt werden. Dieser Prozess wird zusätzlich durch die Dynamik der ökonomischen Rahmenbedingungen sowie die der anderen Triebkräfte überlagert. Deshalb kann es nicht nur eine Lösung von nachhaltiger Entwicklung der Nutzung eines Landschaftsausschnittes geben, sondern mehrere alternative Entwicklungspfade. Die in diesem Sinne anzustrebenden Landschaften sowie die dazu erforderlichen Schritte können somit nicht vorrangig oder gar isoliert seitens der Wissenschaften definiert werden (Greene 1997).

2.2 Grundlegende Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung der Landnutzung

Die Prinzipien des Konzeptes nachhaltiger Entwicklungen werden ausführlich in der Literatur diskutiert (Christen 1996, Costanza 1991, Gatto 1995, Hansen 1996, Turner 1988, Werner 1995, etc.). Um jedoch dieses Konzept für den Bereich Landwirtschaft umsetzbar zu machen, müssen die drei besonders wichtigen Zielbereiche (Ökonomie, Ökologie und soziale Aspekte) in detailliertere Unterziele und diese in aussagefähige Indikatoren umgesetzt werden. Sie können dann in der strategischen Planung der Landnutzung sowie den aktuellen Aktivitäten in den landwirtschaftlichen Betrieben berücksichtigt werden.

Einige Beispiele von Unterzielen bzw. Indikatoren (Werner und Bork 1998):

für die *ökologischen Ziele*: ökologische Zulässigkeit / Tragfähigkeit, ökologische Integrität, Artenzahl, Biodiversität, Bodenfruchtbarkeit, Erosion, Wasserbelastung ...

für die *sozialen Ziele*: sozial integre Systeme, ländliche Gebiete als multifunktionale Räume, Anzahl Beschäftigte ...

für die *ökonomischen Ziele*: Deckungsbeitrag, Nettorendite der Investitionen, langfristige Existenz der Betriebe, Erhalt landwirtschaftlicher Unternehmen, ausreichendes Einkommen der Landwirte bzw. der übrigen Bewohner der ländlichen Gebiete...

Bis jetzt liegt keine Theorie oder Methodologie vor, nach der konkrete Indikatoren festgelegt und gemeinsam betrachtet werden können bzw. eine gesamtheitliche Bewertung der Zustände dieser Indikatoren im Bereich der Landschaftsnutzung möglich ist (Werner und Bork 1998).

Es erscheint jedoch möglich, diejenigen (prozessorientierten) Umweltprobleme, die durch die Landnutzung entstehen, durch Analyse der wissenschaftlichen Hintergründe und Entwicklung neuer Technologien zu beheben. Ob jedoch nicht erneuerbare Ressourcen genutzt werden oder nicht, ist ausschließlich eine gesellschaftliche Entscheidung. Jegliche Nutzung von nicht erneuerbaren Ressourcen - auch eine sehr sparsame - wird zwangsläufig zu ihrer Ausbeutung führen. Vom Standpunkt des Erhaltes einer natürlichen Ressource ist es daher nicht möglich, diese nachhaltig zu nutzen. Somit muss die Gesellschaft festlegen, ob und wie sie derartiges zulassen will. Im Bereich der Landschaftsnutzung betrifft dies insbesondere die Qualität einiger Ökosystemtypen sowie nicht erneuerbare Rohstoff- und Energiequellen (Werner et al. 2000).

2.3 Systemgrenzen einer nachhaltigen Entwicklung zur Landnutzung

Wird das Konzept der nachhaltigen Entwicklung auf die landwirtschaftliche Landnutzung angewandt, dann übertreten die ökologischen und sozialen Ziele immer die Grenzen von einzelnen Feldern, Betrieben oder gar Gemeinden. So macht es z.B. wenig Sinn, biotische Qualitätskriterien der Landnutzung auf der Ebene einzelner Felder zu entwickeln. Viele Organismen beachten nicht die oft nur virtuellen Grenzen von Feldern oder Betrieben (s. Abb. 2.3). In den meisten Fällen ist es erforderlich, ganze Landschaften oder wenigstens größere Ausschnitte davon zu betrachten. Dies gilt für fast alle biologischen und einige abiotische Indikatoren (wie Off-Siteschäden aufgrund Erosion oder Nährstoffauswaschung). Bezeichnenderweise definieren und betrachten auch die Sozial- und Wirtschaftswissenschaften ihre Indikatoren der Nachhaltigkeit mindestens auf dem Niveau einzelner Gemeinden oder innerhalb anderer administrativer Grenzen.

Dies führt dazu, dass der Sektor Landwirtschaft hinsichtlich seiner nachhaltigen Entwicklung immer nur zusammen mit anderen Funktionen und Aktivitäten im ländlichen Raum betrachtet werden darf. Deshalb behaupten wir, dass die nachhaltige Entwicklung von Landwirtschaft nur ermittelt werden kann, wenn angrenzende Faktoren (ökonomische, ökologische und soziale Aspekte) ebenfalls berücksichtigt werden. Somit kann die nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft nicht in den klassischen Grenzen der landwirtschaftlichen Forschung, nämlich von einzelnen Feldern oder Betrieben betrachtet werden. Werden aber die Komponenten der Landwirtschaft mit den Aspekten von Natur- und Umweltschutz sowie dem sozialen und ökonomischen System einer Region betrachtet, dann erhält man komplexe *Landnutzungssysteme* als Diskussions- und Untersuchungsgegenstand.

Es erscheint möglich, solche Landnutzungssysteme auf ihre nachhaltige Entwicklung hin zu betrachten. Somit ist es nicht sinnvoll, eine 'nachhaltige Landwirtschaft' ohne Bezug zu weiteren Landschaftsfunktionen zu entwickeln, wohl aber eine 'nachhaltige Landnutzung' innerhalb einer Region, in der die Landwirtschaft integriert ist. Dies stellt somit die Systemgrenzen für die Analyse der Landnutzung hinsichtlich ihrer nachhaltigen Entwicklung dar (Abb. 2.3).

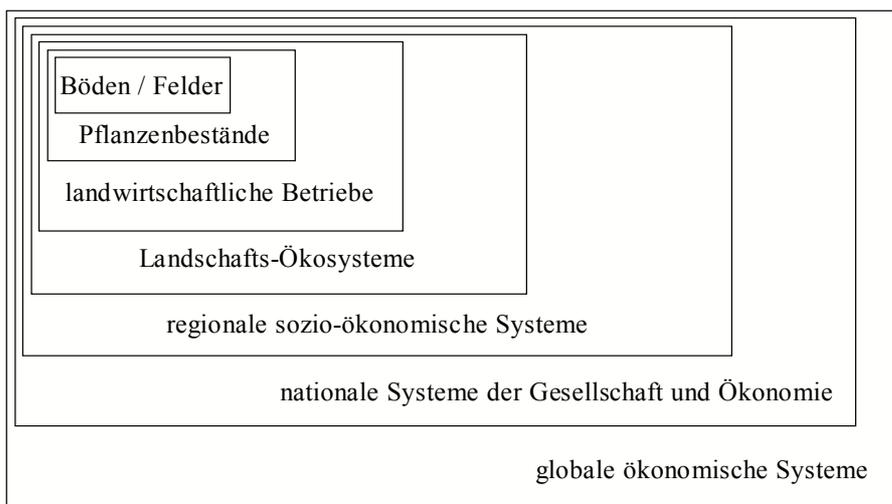


Abb. 2.3: Systemgrenzen im Zusammenhang mit 'nachhaltiger Entwicklung' der Landnutzung: bei den Übergängen von den inneren Rechtecken zu den äußeren steigen die Anzahl der zu betrachtenden Systemkomponenten bzw. die räumliche Skala, die Wechselwirkungen zwischen Systemkomponenten und die Systemkomplexität (aus: Werner et al. 2000).

Wird die Betrachtung der nachhaltigen Entwicklung der Landnutzung ausschließlich auf die einzelnen Felder (Schläge) der Landwirtschaft begrenzt, dann entspricht dies von Gegenstand, Methodik und Ergebnis der Untersuchung der *Bodenfruchtbarkeit*. Für diese Betrachtungsebene wird aber kein neuer Begriff benötigt. Vergleichbares gilt, wenn die Systemgrenzen auf die Betriebsfläche bezogen werden.

Die Verbindungen vieler üblicher landwirtschaftlicher Aktivitäten mit dem Weltmarkt (z.B. die Anwendung von Phosphordüngern aus Afrika in Europa oder die Verfütterung von Soja aus Südamerika in Japan, der Einsatz von Landmaschinen aus Europa in den USA, die mit Stahl aus Korea hergestellt werden) führt zu einem komplexen Netz von globalen - fast immer einseitig ausgerichteten - Flüssen von Nährstoffen, Energie und organischem Kohlenstoff (Haber 1994). Bei Anwendung strenger Kriterien können Systemgrenzen zur Betrachtung einer nachhaltigen Entwicklung der Landnutzung daher nur die der globalen Ökonomie ange- setzt werden (Abb. 2.3).

2.4 Die Umsetzung des Konzeptes der nachhaltigen Entwicklung in der Landnutzung

Wenn ökologische, ökonomische und soziale Aspekte und Ziele gleichzeitig beachtet werden, so führt dies zu konvergierenden aber auch gelegentlich zu kongruenten Zielen im Rahmen der Entscheidungsfindung bei einer konkreten Landschaft. Somit können die Ziele sowie die dazu passenden Lösungen nur im Zusammenwirken aller relevanten Akteure in einer Region definiert und gefunden werden. Dies wird voraussichtlich am besten mit einem partizipativen und damit auch iterativen Weg erreicht (Werner et al. 1997, Werner und Bork 1998, Zander und Kächele 1999).

Ein solcher partizipativer Ansatz benötigt (i) Kompetenz für die Entscheidungsfindung (die Regionen müssen die Möglichkeit und die notwendigen Ressourcen erhalten, um sie selbst betreffende Entscheidungen zu fällen und umzusetzen – dies ist das Prinzip der Subsidiarität. Diese Vorgehensweise muss (ii) Alternativen anbieten, die als Grundlage für die Entscheidungsfindung dienen können (verschiedene Lösungen zur Landnutzung und differenzierte Auswirkungen auf Ökologie, Ökonomie und soziale Aspekte). Für derartige Schritte sind neue Methoden und Vorgehensweisen in der Planungspraxis zum ländlichen Raum erforderlich (Werner et al. 1997). Wichtig erscheint dabei die Erstellung von qualitativ und quantitativ beschreibbaren Entwicklungsalternativen als Zukunftsszenarien, die hinsichtlich der Indikatoren der Nachhaltigkeit analysiert und bewertet werden können.

3 Vorgehensweise zur Abschätzung der Auswirkung von pflanzenbaulichen Anbauverfahren auf Umweltqualitätsziele

3.1 Auswahl projektrelevanter Umweltqualitätsziele

Die Festlegung von speziellen Umweltqualitätszielen für die Analyse der ökologischen Wirkung von Anbauverfahren muss sich an den zu beurteilenden Wirkungen orientieren. Entsprechend der OECD-Einstufung von Umweltwirkungen aus der Landnutzung ergeben sich die Beurteilungsbereiche und die dazu herangezogenen Indikatoren (Auswahl) nach dem Pressure - State - Response - Modell (OECD):

- I) PRESSURE (Triebkräfte, Driving-Forces):
 - Standort
 - ökonomische Rahmenbedingungen
 - Inputs (Maßnahmen, Aktivitäten), Outputs

- II) STATE (Zustandsgrößen):
 - ökosystemare Integrität
 - Gesundheit / Ökotoxikologie, Wohlfahrt
 - natürliche Ressource

- III) RESPONSE (Reaktionen):
 - Reaktionen Verbraucher
 - Reaktionen Landwirt
 - Reaktionen Politik / Rahmenbedingungen

Die in den aufgeführten Bereichen möglichen Indikatoren dienen einzeln oder in ihrer Gesamtschau zur Beurteilung der umweltbezogenen Wirkungen von landwirtschaftlichen Produktionsverfahren. Es liegt aber noch keine abgestimmte Methodik vor, wie die einzelnen Indikatoren oder deren Gesamtheit herangezogen werden können, um die pflanzenbaulichen Produktionsverfahren in ihrer Wirkung auf eine nachhaltige Entwicklung der Landnutzung beurteilen zu können (s.a. Kap. 2.2).

Für die vorliegende Studie erfolgte deshalb eine begründete Auswahl von Umweltqualitätszielen, mit denen die ökologische Wirkung des Anbaus transgener Sorten (= GVO-Pflanzen) abgeschätzt werden soll.

3.1.1 Abiotische Umweltqualitätsziele

Mit Indikatoren aus dem Bereich I (Triebkräfte) wird beabsichtigt, die ökologischen Auswirkungen der Landnutzung anhand der in der Produktion eingesetzten Betriebsmittel in Wechselwirkung mit den am Standort wirkenden Wachstumsfaktoren zu beurteilen. Dabei wird unterstellt, dass die je Flächeneinheit eingesetzte Menge an Betriebsmitteln (Düngestoffe, Energie, Saatgut, Pflanzenschutzmittel etc.) ein indirektes Maß für die mit der Pflanzenproduktion einher gehende potenzielle Wirkung auf die Umwelt darstellt.

Die in der Gesamtuntersuchung berücksichtigten besonderen Eigenschaften der transgenen Sorten sind vorwiegend mit einem gezielten Einsatz von Herbiziden bzw. der Resistenz gegen Krankheiten oder Schädlinge verbunden (Eggenschwiler et al. 1999). Somit ändern sich beim Anbau transgener Sorten die grundlegenden Strategien im Einsatz von Pflanzenschutzmitteln gegenüber üblichen Anbausystemen. Da bei den transgenen Sorten für die landwirtschaftliche Praxis in der Regel mindestens gleich hohe Ertragspotentiale wie bei nicht transgenen Sorten

unterstellt werden (Schmid et al. 1999), ist durch den differenzierten Pflanzenschutzmitteleinsatz evtl. eine unterschiedliche Effektivität in der Nutzung von Betriebsmitteln zu unterstellen. Als ein integrierendes Maß für die Effektivität des gesamten Betriebsmitteleinsatzes kann das Verhältnis der insgesamt eingesetzten Energie zu der mit der Primärproduktion der Pflanzenbestände erzeugten Energie gelten (Eckert und Breitschuh 1994).

Für die vorliegende Studie wird deshalb die Hypothese 1 formuliert:

Der Einsatz transgener Sorten in den Anbauverfahren von pflanzenbaulichen Produktionsverfahren der Landwirtschaft führt zu höherer Effizienz im Einsatz von Energie.

3.1.2 Biotische Umweltqualitätsziele

Die Analyse der ökologischen Wirkung von transgenen Sorten muss auch die Auswirkungen der entsprechenden Anbauverfahren auf die biotischen Komponenten der Agrarökosysteme einbeziehen. In dieser Betrachtung sind dabei allerdings die genökologischen Aspekte ausgegrenzt. Hier sollte insbesondere ermittelt werden, ob und wie die unterschiedlichen Anbauverfahren (mit/ohne transgene Sorten) auf das Vorkommen und die Funktionen von Arten sowie das Vorkommen und die Qualität von Lebensräumen in den Agroökosystemen bzw. den Agrarlandschaften wirken ('state'-Beschreibung nach OECD).

Der Anbau von transgenen Sorten ist überwiegend mit verändertem Pflanzenschutzmitteleinsatz verbunden (s. 3.1.1). Insbesondere bei Resistenzen der transgenen Sorten gegen Insekten oder gegen pilzliche Krankheitserreger kann davon ausgegangen werden, dass die zur Regulation dieser Schadorganismen vorher erforderlichen Bekämpfungsstrategien (überwiegend der Einsatz von Insektiziden bzw. Fungiziden) nicht mehr oder eingeschränkt erforderlich ist. Es ist aber auch denkbar, dass bisher aus phytosanitären Überlegungen erforderliche Fruchtfolgen geändert werden und damit auch Auswirkungen auf Arten und Lebensräume der Ackerflächen entstehen. Vergleichbares gilt beim Anbau von herbizid-resistenten Kulturpflanzenarten, die eine Veränderung in der Unkrautregulationsstrategie (z.B. deutlich späterer Herbizideinsatz, auch auf größere Unkrautpflanzen) erlaubt.

Für die vorliegende Studie wird deshalb die Hypothese 2 formuliert:

Der Einsatz transgener Sorten in den Anbauverfahren von pflanzenbaulichen Produktionssystemen der Landwirtschaft verringert negative Wirkungen der ackerbaulichen Landnutzung auf Arten und Lebensraumqualität für Zönosen der Ackerbiotope.

Die beiden Hypothesen werden im folgenden untersucht.

3.1.3 Diskussion zur Beurteilung von ökologischen Wirkungen transgener Sorten anhand der benötigten Aufwandmengen an Pflanzenschutzmitteln

Die ökologische Wirkung von pflanzenbaulichen Anbausystemen anhand der *Pressure-Faktoren* (s. Kap. 3.1.1) einzuschätzen, ist für den Bereich der Pflanzennährstoffe durchaus sinnvoll. Die mit der Pflanzenproduktion in das Ökosystem eingebrachten Mengen an Nährstoffen können, neben der nutritiven Versorgung der Pflanzenbestände, auch unerwünschte direkte oder indirekte Wirkungen auf die Agrarökosysteme oder andere Ökosysteme hervorrufen. Dies sind zum einen Kontaminationen von Wasser, Boden oder Atmosphäre mit Nährstoffmengen, die nicht durch die Pflanzenbestände verbraucht wurden. Zum anderen sind dies

qualitative Veränderungen bei Lebensräumen von Pflanzenbeständen, die insbesondere sich in höheren Trophiegraden und damit anderen Selektionsbedingungen für die Flora auswirken. Der Grad dieser Wirkungen (Konzentration von Pflanzennährstoffen in Wasser, Luft, Boden sowie Stärke der Veränderung von Standortbedingungen für Pflanzenbestände) ist in den meisten Fällen proportional bzw. eine direkte Funktion der je Flächeneinheit eingebrachten Stoffmengen (in Wechselwirkung mit weiteren standörtlichen Größen, u.a. Sickerwassermenge, Bodenart etc.). Diese quantitative Beziehung erlaubt damit eine Abschätzung der diesbezüglichen ökologischen Wirkungen des Anbaus transgener Sorten (u.a. Eggenschwiler et al. 1999).

Schwieriger ist eine Abschätzung der Umweltwirkung im Bereich der Pflanzenschutzmittel. Soll die stoffliche Belastung aus dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auf die Agrarökosysteme selber bzw. die von tangierten Ökosystemen beurteilt werden, so sind die Konzentrationseffekte nur teilweise direkt proportional der pro Flächeneinheit aufgebrauchten Mengen an Pflanzenschutzmitteln. Grundsätzlich können auch bei Pflanzenschutzmitteln höhere Ausbringungsmengen größere Potentiale für höhere Konzentrationen in Sicker- oder Grundwasser, Boden, Atmosphäre oder Ernteprodukten bewirken. Ob diese aber auch zu tatsächlich höheren Konzentrationen in den erwähnten Kompartimenten führen, wird im wesentlichen durch die physikochemischen und biologischen Eigenschaften des jeweiligen Wirkstoffes, die Standortbedingungen (Boden, Wasserdynamik) sowie die Applikationsbedingungen (Art und Zeitpunkt der Ausbringung, Dichte der Vegetationsdecke des Pflanzenbestandes, Atmosphärendynamik etc.) beeinflusst. Somit ist allein die Vergleichbarkeit der gleichen Ausbringungsmengen von zwei physikochemisch unterschiedlichen Wirkstoffen nicht gegeben. Eine Beurteilung der Wirkung des Anbaus transgener Sorten im Vergleich zu der mit konventionell gezüchteten Sorten auf das Vorkommen von Pflanzenschutzmitteln in den o.a. Kompartimenten ist somit anhand ausschließlich der eingesetzten Wirkstoffmengen sehr schwierig. Erst die Anwendung komplexer Simulationsmodelle erlaubt hier eine sachgerechte Abbildung des Verhaltens der Pflanzenschutzmittel aufgrund unterschiedlicher Anbausysteme auf gleichem Standort. In keinem Fall dürfen die Mengen der verschiedenen Pflanzenschutzmittel lediglich additiv je Fruchtart oder Fruchtfolge ermittelt und als Summenwerte zur ökologischen Bewertung herangezogen werden.

Die erheblichen Gestaltungsmöglichkeiten des Landwirtes für das unerwünschte Auftreten von Pflanzenschutzmitteln in der Umwelt sowie die starken Wechselwirkungen von Wirkstoff und Anbaubedingungen erlauben somit keinen systematischen Vergleich der Anbauverfahren in ihrer ökologischen Wirkung lediglich anhand der in den Anbauverfahren eingesetzten Mengen an Pflanzenschutzmitteln.

Diese Betrachtungen sind vorwiegend auf humantoxische Wirkungen des Auftretens von Pflanzenschutzmitteln in der Umwelt beschränkt und vorwiegend quantitativ. Daneben sind für die vorliegende Fragestellung des Vergleichs von Anbauverfahren mit transgenen Sorten auch die qualitativen ökologischen Wirkungen des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln zu analysieren. Wie wirken die Pflanzenschutzmittel auf Nicht-Zielorganismen, oder wie verändern sie das Vorkommen oder die Qualität von Lebensräumen (= bioökologische Wirkungen)? Diese Effekte sind aufgrund der erheblichen Unterschiede in den bioökologischen Eigenschaften der verschiedenen Wirkstoffe äußerst schwierig zu erfassen und zu verallgemeinern. Es können sogar gleiche Wirkstoffe in unterschiedlichen Formulierungen und evtl. in Zusammensetzungen mit anderen Pflanzenschutzmitteln erhebliche Unterschiede in den bioökologischen Wirkungen verursachen.

Besonders erschwert wird eine solche Analyse durch die große Bedeutung der Umweltbedingungen (Witterung, Bestandesentwicklung, Nachbarschaftseffekte, Struktur des Bestandesaufbaus, Verunkrautung etc.) sowie der Ausbringungstechnik und Applikationsbedingungen für die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Nicht-Zielorganismen (Pflanzen, Tiere). Des Weiteren können Wirkungen einer ausgebrachten Pflanzenschutzmittelgruppe (z.B. Insektizide) nicht losgelöst von den anderen pflanzenbaulichen Maßnahmen (Düngung, andere Pflanzenschutzmaßnahmen, Unkrautregulation etc.) gesehen werden (s.a. 5.3.3). Zur Beschreibung der bioökologischen Wirkungen müssen somit geeignete Methoden entwickelt werden, die in der Lage sind, die direkte Wirkung auf die Nichtzielorganismen und die Lebensräume abschätzen können, bei Berücksichtigung der Bestandessituation und anderer Einflüsse auf Arten und Lebensräume (s. Kap. 5.3, 5.4).

Zusammenfassend lässt sich darstellen, dass eine ökologische Bewertung der Integration von transgenen Sorten in die pflanzenbaulichen Anbauverfahren im Bereich der Pflanzenschutzmittel einer komplexen, vorrangig auf bioökologische Wirkungen ausgerichteten Vorgehensweise bedarf. Diese wird um so genauere Aussagen liefern können, je detaillierter die Information über die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln ist. In Kap. 5.4 wird versucht, mit geeigneten Methoden die vorliegenden Angaben über den Gebrauch von Pflanzenschutzmitteln in ihrer Wirkung auf Indikatoren der Ackerbiozösen abzubilden.

3.2 Abschätzung der Wirkung von Anbauverfahren auf Umweltqualitätsziele

Um die ökologische Bedeutung der Landnutzung beurteilen zu können, ist es erforderlich, die Wirkung von wesentlichen Einflussgrößen auf die vordefinierten Umweltqualitätsziele zu ermitteln (Heidt und Plachter 1996, Grant und Thompson 1997). Werden ausschließlich abiotische Zielgrößen betrachtet, ist es in den meisten Fällen ausreichend, summarische Indikatoren (u.a. Nährstoffsalden, Energieeffizienz) zur Zustandsbeurteilung heranzuziehen. Werden dagegen biotische Ziele betrachtet, reicht dies nicht mehr aus. Der Zustand von Arten und Lebensräumen ist vorrangig eine Funktion einzelner Ereignisse oder Triebkräfte in der Agrarlandschaft. Diese Landschaftskomponenten reagieren erheblich auf einzelne Maßnahmen der Produktion (Bodenbearbeitung, Düngung, Art und Menge applizierter Wirkstoffe im Pflanzenschutz) oder auf den Zustand des Kulturpflanzenbestandes (Bestandesdichte, Grad der Verunkrautung, Bodenbedeckungsgrad der Vegetationsdecke etc.).

Somit muss ein Beurteilungsansatz, der die Auswirkungen von Anbauverfahren der Pflanzenproduktion auf wesentliche Umweltqualitätsziele untersucht, die spezifischen, bedeutenden Maßnahmen während der Produktion berücksichtigen (Meyer-Aurich et al. 1998).

3.3 Szenarienrechnungen

Die Untersuchung der Auswirkungen transgener Sorten auf Umweltqualitätsziele kann differenziert nach einzelnen Fruchtarten bzw. Bewirtschaftungsweisen erfolgen. Wesentliche Voraussetzung für eine praxisnahe Einschätzung der Wirkungen aber ist die Analyse auf einer betriebsnahen Ebene. In dieser müssen Fruchtfolgerestriktionen sowie die relative (ökonomische) Vorzüglichkeit einzelner Fruchtarten im Betrieb berücksichtigt werden.

Derartige Betriebssituationen sollen in der vorliegenden Studie durch Erstellung von Betriebsszenarien erreicht werden. Hierzu haben Eggenschwiler et al. (1999) die in der Schweiz vorkommenden Betriebsgrößen differenziert sowie die aktuell und zukünftig bedeutenden Produktionsweisen definiert. Diese Definition schließt die Beschreibung der Produktions-

maßnahmen (Düngung, Pflanzenschutz, Bodenbearbeitung etc.) für die einzelnen Fruchtarten ein. Die Ermittlung der Anbauanteile der Fruchtarten im Betrieb wird in der Praxis von den jeweils herrschenden ökonomischen Rahmenbedingungen bestimmt (ökonomische Vorzüglichkeit einzelner Fruchtarten). Auch dieses wird in dem Ansatz von Eggenschwiler et al. (1999) durch innerbetriebliche Optimierung der Fruchtartenanteile entsprechend den jeweiligen Marktbedingungen berücksichtigt. Dem Modellansatz liegt dabei die Annahme eines ökonomisch rational entscheidenden Unternehmers zugrunde.

Um die zukünftige Entwicklung der ökonomischen Rahmenbedingungen für die landwirtschaftlichen Betriebe der Schweiz in diesem Modellansatz zu berücksichtigen, werden die Abbildung des Betriebsverhaltens (Auswahl Fruchtarten, Anbauverhältnisse etc.) in einer Referenzsituation (Produktpreise und Erzeugungskosten in der Landwirtschaft der Schweiz im Jahr 1998) und die für diesen Zeitraum (Jahr 2003) antizipierten Produktpreise und Produktionskosten einer zukünftigen Situation unter EU-nahen Rahmenbedingungen gegenübergestellt (Eggenschwiler et al. 1999).

Somit ergeben sich Kombinationsmöglichkeiten von vier Faktoren:

1. Betriebsgröße: 11 Klassen (10 ha, 15 ha, 20 ha,..., 55 ha, 60 ha)
2. Produktionsweise: 3 Klassen (biologisch, integriert, konventionell)
3. Anbau transgener Sorten: 2 Klassen (ja, nein)
4. Marktbedingungen: 2 Klassen (Jahre: 1998, 2003)

Jede der daraus möglichen Kombinationen wurde dargestellt (s. Kap. 4.1.4, 5.5.2). Es ergeben sich 132 Betriebsszenarien, die sich unterscheiden in den angebauten Kulturpflanzen, in den Anbauverhältnissen und in den Produktionsverfahren.

Hinsichtlich der betrieblichen Anbauverhältnisse unterscheiden Eggenschwiler et al. (1999) noch zwischen zwei Betriebstypen, zum einen Ackerbaubetriebe, die vorrangig in Tallagen liegen und zum anderen Gemischtbetriebe, die einen großen Teil ihrer Flächen auf Bergflächen der Bergzone I haben (Eggenschwiler et al. 1999: 31). Der Ackerbaubetrieb hat kein Milchkontingent und verwertet das Rohfutter des Grünlandes durch Mutterkühe oder Masttiere. Auf Ebene des Ackerbaubetriebes wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Betriebsgrößen auf die betrachteten Indikatoren untersucht. Auf Ebene des Gemischtbetriebes erfolgte eine Untersuchung der Höhe unterschiedlicher Milchkontingente (Eggenschwiler et al. 1999: 43).

In der hier vorliegenden Studie wurde lediglich der *Ackerbaubetrieb Talgebiet* hinsichtlich der Auswirkungen des Anbaus transgener Sorten auf Umweltqualitätsziele betrachtet.

4. Wirkung des Anbaus transgener Sorten auf einen ausgewählten abiotischen Indikator: Energieeffizienz der pflanzenbaulichen Produktion

4.1 Grundlagen

In der Pflanzenproduktion wird Energie eingesetzt für den Betrieb der Bearbeitungs-, Ernte- und Pflegemaschinen, aber auch im Vorleistungsbereich für die Gewinnung und Herstellung der in der Pflanzenproduktion eingesetzten Betriebsmittel (Saatgut, Düngestoffe, Pflanzenschutzmittel etc.) sowie der in der Produktion benötigten Maschinen und Geräte. Diese Energie stammt zur Zeit weitgehend aus fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas). Unabhängig von der Quelle dieser benötigten Energie ist eine 'nachhaltige' Landnutzung nur denkbar, wenn eine möglichst hohe Effizienz in der Verwendung dieser Energie erreicht werden kann. Als Maß für die Effizienz in der Nutzung der Energie kann die mit dieser Energie erzeugte Biomasse bzw. die darin gebundene - und theoretisch durch vollständige Verbrennung auch nutzbare - Energie herangezogen werden. Je größer das Verhältnis von erzeugter zu eingesetzter Energie ist, und je höher das Gesamtniveau der je Flächeneinheit Boden erzeugten Menge an Energie ist, um so bedeutender sind die positiven Effekte für eine nachhaltige Entwicklung der Landnutzung.

4.2 Methodenbeschreibung

Die Ermittlung des Energieeinsatzes (Verbrauch an Treib- und Schmierstoffen) erfolgte für die einzelnen Fruchtarten der Gesamtstudie getrennt und berücksichtigte alle Maßnahmen der Verfahrensdurchführung im Anbau dieser Früchte. Ergänzend wurde die für die Herstellung der Produkte (Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmittel etc.) erforderliche Energie und auch die der benötigten Bearbeitungsmaschinen für die Ackerproduktion (Schlepper, Bodenbearbeitungsgeräte, Düngerstreuer, Pflanzenschutzspritze etc.) ermittelt und in den Energieeinsatz je Flächeneinheit mit einbezogen (Methode nach Eulenstein 1995).

Die mit den Anbauverfahren produzierte Energie wurde kalorisch aus der je Fläche erzeugten Biomasse (Haupt- und Nebenernteprodukte) ermittelt (Eulenstein 1995).

Die für die Erstellung und Unterhaltung von Gebäuden und Infrastruktur des Gesamtbetriebes benötigte Energie wird in diesem Ansatz nicht berücksichtigt.

4.3 Ergebnisse und Diskussion

4.3.1 Energieeffizienz einzelner Kulturarten in der Verfahrensbetrachtung

Werden die Kulturpflanzenarten einzeln betrachtet, ergeben sich aufgrund der jeweils definierten Produktionsverfahren (Eggenschwiler et al. 1999) die in Tabelle 4.3.1 dargestellten Effizienzen in der Energienutzung (Verhältnis von erzeugter zu verwendeter Energie, s. Kap. 4.2). Die berücksichtigte Systemgrenze ist hiermit jeweils der Einzelschlag eines landwirtschaftlichen Betriebes.

Eine deutliche Veränderung der Energieeffizienz bei Einsatz von *herbizidtoleranten Sorten* tritt nur ein, wenn Körnermais in konventioneller Bewirtschaftungsweise angebaut wird und dabei die Maissorten gegen die in Frage kommenden Totalherbizide tolerant sind (Tab. 4.3.1). Dort bewirken der Verzicht auf mechanische Unkrautregulation und die Verringerung der Zahl an Überfahrten für Herbizidapplikationen eine Steigerung in der Energieeffizienz. Bei allen anderen Kulturarten und Bewirtschaftungsweisen verändert sich die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion nicht, wenn statt konventionell gezüchteter Sorten solche mit transgener Herbizidtoleranz angebaut werden (Tab. 4.3.1).

Tab. 4.3.1: Energieeffizienz von transgenen und konventionell gezüchteten Sorten relevanter Kulturpflanzenarten bei Einsatz in den drei Bewirtschaftungsweisen: konventioneller, integrierter und biologischer Landbau der Schweiz.
 [Energieeffizienz = (kalorische Energie in der Gesamtbiomasse des Erntebestandes) / (Summe aller in Vorleistungsbereichen und direkter Produktion eingesetzten Energie)]

Fruchtart													
	Bewirtschaft.	konventionell				integriert				biologisch			
	Sorte	NGVO		GVO		NGVO		GVO		NGVO		GVO	
	Resistenz	(ohne)	HT	IR	PR	(ohne)	HT	IR	PR	(ohne)	HT	IR	PR
Kartoffeln	14,2	--	15,0	15,2	14,5	--	15,3	16,0	16,5	--	17,2	19,9	
Mais (Körner)	12,1	13,5	14,6	--	13,0	12,8	13,9	--	13,7	--	14,7	--	
Mais (Silo)	4,4	4,4	4,3	--	4,2	4,2	4,4	--	4,1	--	4,2	--	
Raps	11,8	11,9	--	--	11,7	11,7	--	--	--	--	--	--	
Winterweizen	9,4	--	--	9,5	8,4	--	--	9,7	8,6	--	--	9,5	
Zuckerrüben	24,8	24,9	--	--	23,0	22,9	--	--	--	--	--	--	

Legende:
 NGVO/GVO: Anbau nicht / genetisch veränderter Organismen, d.h. Kulturpflanzensorten
 HT = Herbizidtoleranz; IR = Insektenresistenz; PR = Pilzresistenz
 -- = Kombination wurde nicht betrachtet

Werden Sorten angebaut, die gegen die Angriffe von *Schadinsekten tolerant* sind ('Insektenresistenz'), so steigert dies bei Kartoffeln und Körnermais die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion in allen drei Bewirtschaftungsweisen (Tab. 4.3.1). Besonders deutlich steigt dabei die Energieeffizienz im konventionellen Anbau. Maissorten mit Insektenresistenz führen bei Anbau als Silomais aufgrund der technologischen Abläufe (s. Kap. 5.5.1.2.1) zu keiner Veränderung in der Energieeffizienz gegenüber den konventionellen, nicht gegen Insekten toleranten Sorten.

Deutliche Steigerungen der Energieeffizienz in der pflanzlichen Produktion treten ein, wenn *pilzresistente Sorten* angebaut werden.

So führt ein Anbau von phytophthora-resistenten Kartoffelsorten im Vergleich zu den konventionellen Kartoffelsorten zu einer deutlichen Steigerung der Energieeffizienz. Ursache hierfür sind die wesentlichen Einsparungen an Überfahrten für Fungizidapplikationen sowie ein etwas höherer Naturalertrag beim Anbau derart transgener Kartoffelsorten. Die Effizienzsteigerung in der Energienutzung durch Anbau transgen-pilzresistenter Kartoffel-sorten - gegenüber nicht phytophthora-resistenten Sorten - findet in allen Bewirtschaftungs-systemen statt. Dabei ist die Steigerung der Nutzungseffizienz von produktionsbezogener Energie im biologischen Landbau am höchsten (+ 21%; konventionell: + 7%; integriert: +10%).

Wird Winterweizen angebaut, der gegen Braunrost (u.a. durch transgene Züchtung) resistent ist, so steigt in der integrierten Bewirtschaftungsweise (+16%) und in der biologischen Wirtschaftungsweise (+11%) die Energieeffizienz. Die schon hohe Energieeffizienz in der konventionellen Bewirtschaftungsweise wird durch pilzresistente Weizensorten gegenüber dem Anbau braunrostanfälliger Sorten nicht verändert (Tab. 4.3.1).

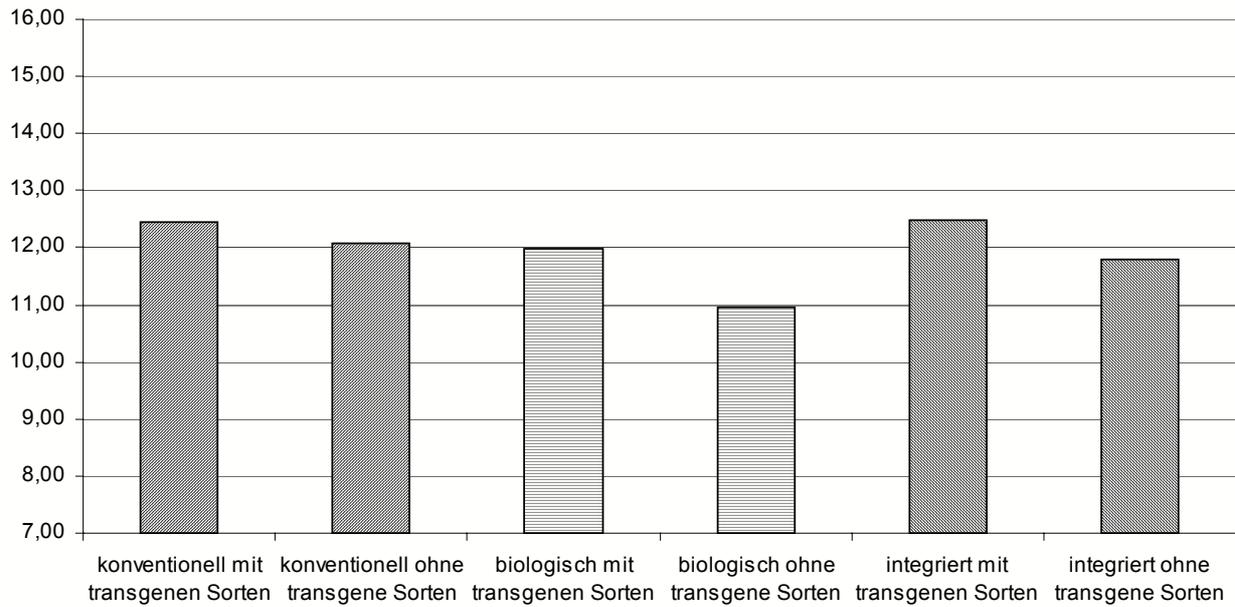
4.3.2 Einfluss von Sortenart und Bewirtschaftungsweise auf die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion

Die Energieeffizienz der pflanzlichen Produktion wird von der Bewirtschaftungsweise in Wechselwirkung mit dem Einsatz von konventionellen oder transgenen Sorten beeinflusst (Abb. 4.3.2).

Die Verwendung transgener Sorten führt - im Vergleich zum Anbau von ausschließlich konventionell gezüchteten Sorten mit fehlenden Resistenzeigenschaften (s. Eggenschwiler et al. 1999, Schmid et al. 1999) - in der Ausgangssituation des Jahres 1998 bei allen Bewirtschaftungsweisen zu einer Steigerung der Energieeffizienz (Abb. 4.3.2, oben). Ursache hierfür sind die geringeren energetischen Aufwendungen im Bereich des Pflanzenschutzes, insbesondere durch Einsparung der energetisch bedeutsamen Überfahrten zur Ausbringung der Pflanzenschutzmittel bzw. Durchführung von mechanischen Unkrautregulationsmaßnahmen. Der Energiebedarf für die Herstellung der Pflanzenschutzmittel ist je Einheit Pflanzenschutzmittel und damit je Flächeneinheit Acker dagegen vergleichbar gering.

Die dargestellte Situation der besseren Verwertung der eingesetzten Energie beim Anbau transgener Sorten verringert sich gegenüber dem Anbau konventioneller Sorten, wenn im Zukunftsszenario 'Jahr 2003' sich die Anbauverhältnisse in den landwirtschaftlichen Betrieben ändern. Der verringerte Anbau von Ackerfrüchten zugunsten erhöhter Anteile von Grünlandflächen (Eggenschwiler et al. 1999) erhöht bei konventioneller Bewirtschaftungsweise die energetische Effizienz für den Gesamtbetrieb und mindert damit die energetischen Vorteile des Anbaus transgener Sorten. Anders dagegen bei biologischer und integrierter Bewirtschaftungsweise; dort ist die Energieeffizienz im Zukunftsszenario (Jahr 2003) geringer als in der Ausgangssituation im Jahr 1998 (Abb. 4.3.2, unten). Für die biologische Bewirtschaftungsweise wird diese Verschlechterung der Energieeffizienz besonders stark, wenn ausschließlich Anbauverfahren ohne transgene Sorten eingesetzt werden. Im integrierten Anbauverfahren bestehen dagegen keine Unterschiede mehr zwischen dem Einsatz transgener oder konventionell gezüchteter Sorten in Bezug auf die Energieeffizienz (Abb. 4.3.2, unten).

Energieeffizienz (Output/Input) für 1998



Energieeffizienz (Output/Input) für 2003

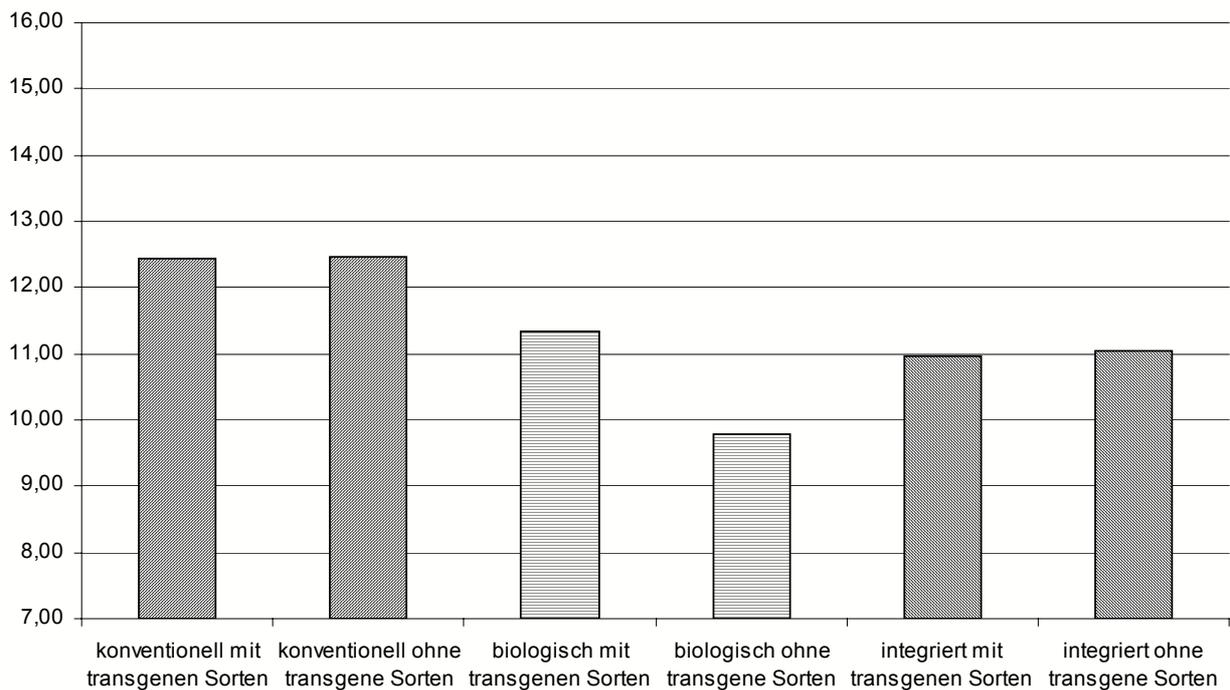


Abb. 4.3.2: Einfluss der Bewirtschaftungsweise und des Anbauverfahrens (mit bzw. ohne transgene Sorten) auf das Verhältnis der in Form von Biomasse erzeugten Energie zum Energieeinsatz in der Produktion (Energieeffizienz)

[Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenstufen]

oben: Szenario der Ausgangssituation (Jahr 1998)

unten: Szenario der zukünftigen Situation (Jahr 2003)

4.3.3 Einfluss von Betriebsgröße, Sortenart und Bewirtschaftungsweise auf die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion

Werden die Auswirkungen des Anbaus transgener Sorten auf die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion in Abhängigkeit der Betriebsgröße untersucht, ergeben sich die in Abb. 4.3.3 dargestellten Beziehungen. Die Betriebsgrößen variieren entsprechend den Praxisverhältnissen der Schweiz zwischen 10 ha und 60 ha. Je nach Betriebsgröße ergeben sich unter den jeweils herrschenden Marktbedingungen sowie Kontingentierung der Produktabnahme (Eggenschwiler et al. 1999) unterschiedliche Vorzüglichkeiten für die einzelnen Fruchtarten. Diese führen entsprechend der ökonomischen Optimierung der Produktionsstruktur zu unterschiedlichen Fruchtartenanteilen an der Gesamtfläche und damit unterschiedlichen energetischen Bilanzen im Gesamtbetrieb.

In der Ausgangssituation (Jahr 1998) wirkt die Betriebsgröße nur wenig differenzierend auf die Energieeffizienz der pflanzenbaulichen Produktion. In den biologisch bewirtschafteten Betrieben steigt die Energieeffizienz mit zunehmender Betriebsgröße leicht an. Die Anbauverfahren der konventionellen und integrierten Betriebe zeigen im Bereich der kleinen und mittleren Betriebsgrößen (10 ha, 15 ha, 30 - 45 ha) mit transgenen Sorten eine deutlich höhere Effizienz in der genutzten Energie als bei den anderen Betriebsgrößenklassen. Die höchste Effizienz in der Nutzung von Energie wird mit einem Anbau konventionell gezüchteter Sorten im kleinsten Betrieb erzielt (Abb. 4.3.3). Ursache für diese Differenzierung sind die unterschiedlichen Fruchtartenanteile bzw. der Anteil des Grünlandes (u.a. Kunstwiesen) an der Gesamtbetriebsfläche je nach Betriebsgröße und damit ökonomische Vorzüglichkeit der einzelnen Fruchtarten. So halten kleinflächige Betriebe (bis 15 ha) keine Düngergroßvieheinheiten und konzentrieren sich mehr auf den lukrativen Kartoffelanbau (Eggenschwiler et al. 1999: 53).

Die angenommene Marktsituation des Jahres 2003 bewirkt offensichtlich bei den verschiedenen Betriebsgrößenklassen wesentlich stärkere Differenzierungen in den Anbauverhältnissen der Betriebe. Tendenziell nimmt unter den geprüften Marktbedingungen die Energieeffizienz bei zunehmender Betriebsgröße ab (Abb. 4.3.3, unten). Auch unter diesen ökonomischen Rahmenbedingungen bewirkt die konventionelle Anbauweise die höchste Effizienz in der eingesetzten Energie, besonders in den mittelgroßen und den großen Betrieben (Abb. 4.3.3, unten). Bei den großen Betrieben erreichen diejenigen, die Anbauverfahren mit transgenen Sorten einsetzen, sogar etwas höhere Effizienzwerte. Diese werden nur von der biologischen Anbauweise mit transgenen Sorten erreicht. Sehr deutlich sinkt die Energieeffizienz im biologischen Betrieb bei zunehmender Betriebsgröße, wenn nur ein Anbau konventionell gezüchteter Sorten erfolgt.

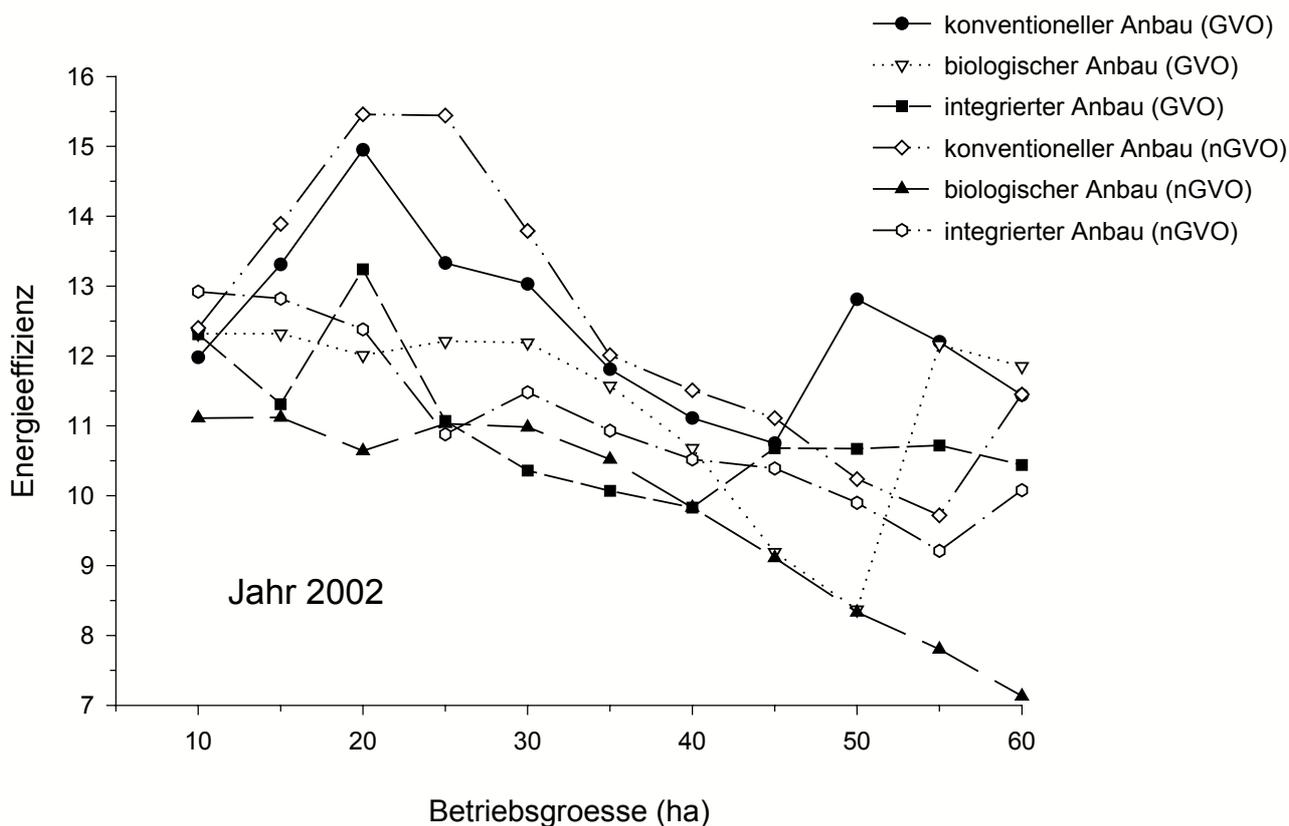
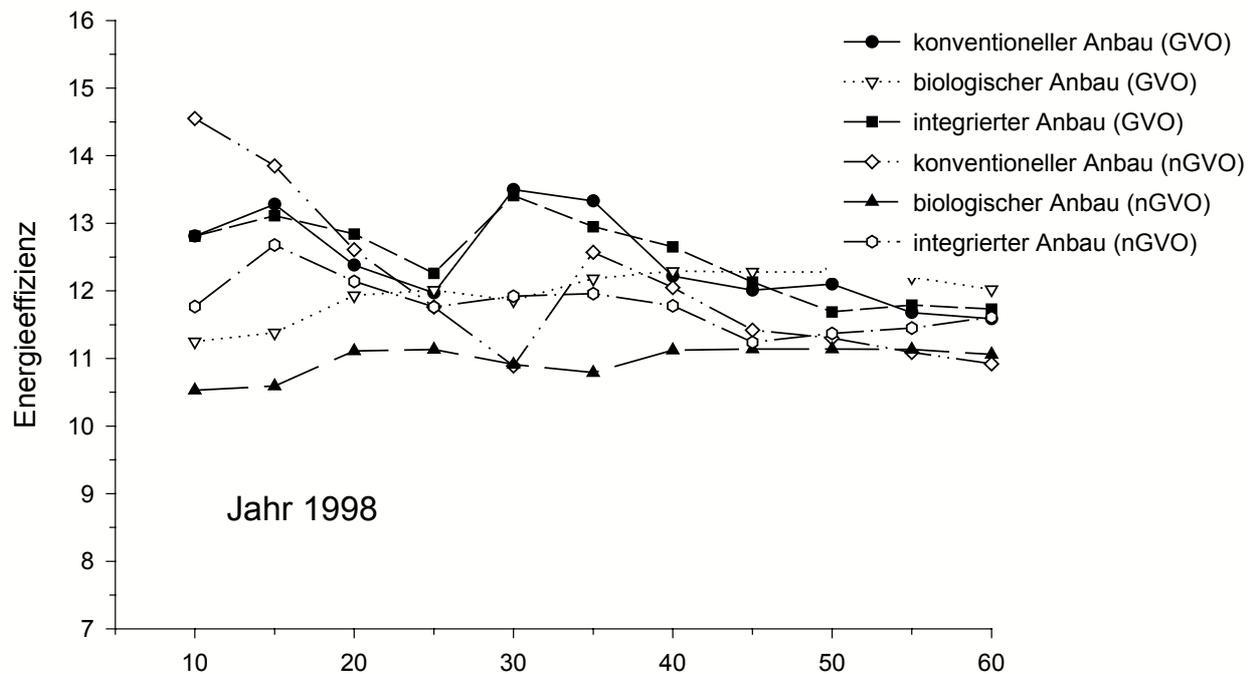


Abb. 4.3.3: Einfluss der Betriebsgröße, der Anbauweise (konv., biol., int.) und des Anbauverfahrens (mit = GVO, ohne = nGVO transgene Sorten) auf das Verhältnis der in Form von Biomasse erzeugten Energie zum Energieeinsatz in der Produktion (Energieeffizienz)
 oben: Szenario der Ausgangssituation (Jahr 1998)
 unten: Szenario der zukünftigen Situation (Jahr 2003)

5 Wirkung des Anbaus transgener Sorten auf Biozöosen der Agrarlandschaft

5.1. Problem- und Zielstellung zum Beurteilungsbereich Biotik

Die historische Entwicklung der landwirtschaftliche Nutzung großer Teile Mitteleuropas hat zu Landschaften geführt, die durch eine charakteristische biotische Vielfalt gekennzeichnet sind (Kretschmer 1995). Die standörtlichen Gegebenheiten und vor allem die Geschichte, die Vielfalt und das Maß bzw. die Intensität der agrarischen Nutzung entscheiden über die Eignung solcher Agrarlandschaften, wildlebenden Pflanzen und Tieren als Lebensraum dienen zu können. Für deren Qualität sind die Produktionsabläufe auf den Ackerflächen oft sehr wesentlich. Die Häufigkeit und Ausprägung einzelner landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen sind dabei die unmittelbaren Ursachen für Veränderungen der Biozöosen von Ackerflächen. Neben diesen, auf den einzelnen Ackerschlag bezogenen biotischen Wirkungen des einzelnen Anbauverfahrens sind Veränderungen im Landschaftsbezug von großer Bedeutung. Veränderungen der landschaftlichen Struktur (Flächengrößen, Anteil und Qualität von Strukturelementen, Wegenetz ...) und vor allem auch der Anbauumfänge von Fruchtarten bzw. des Fruchtartenspektrums bewirken erhebliche Effekte auf die Agrar-Biozöosen.

Der Anbau gentechnisch veränderter Kulturpflanzen führt im Vergleich zu den bisher üblichen Sorten zu Veränderungen des Bewirtschaftungsgeschehens im Rahmen ihrer Anbauverfahren. Einzelne Maßnahmen werden modifiziert, zum Teil durch andere ersetzt oder gänzlich weggelassen. Wirkungen auf die Lebensraumqualität von Ackerflächen sind zu erwarten.

Darüber hinaus können sich aufgrund eventueller relativer wirtschaftlicher Vorzüglichkeit von gentechnisch veränderten Kulturen die Anbauverhältnisse der Fruchtarten im Betriebs- bzw. Landschaftsmaßstab ändern. Ökonomisch besonders interessante Fruchtarten können andere verdrängen. Eine größere Vereinheitlichung, aber auch eine größere Fruchtartendiversität könnten die Folge sein. Ebenso hierdurch können die Lebensbedingungen für die Arten und Lebensgemeinschaften der Agrarlandschaft verändert werden.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, die Wirkungen des Einsatzes transgener Kulturpflanzen auf die Biozöosen von Ackerflächen zu beurteilen. Es sollen dabei sowohl die Änderungen der Bewirtschaftungsregimes innerhalb von Anbauverfahren als auch die veränderten Anbauumfänge der einzelnen Kulturen betrachtet werden. Schlagbezogene bzw. fruchtartenspezifische Bewertungen werden durch Aussagen zur biotischen Wirkung auf Betriebs- bzw. Landschaftsebene erweitert.

5.2. Vorbemerkungen zum Aspekt der Biozöosen von Agrarlandschaft

Agrarlandschaften sind komplexe Ökosystemmosaiken, deren floristische und faunistische Vielfalt sehr stark von den standörtlichen Bedingungen sowie der Art und Intensität der auf diesen Mosaikteilen bzw. in deren Nachbarschaft ablaufenden landwirtschaftlichen Bewirtschaftung bestimmt wird (Tischler 1980). Neben diesen vornehmlich auf die Einzelfläche bezogenen Parametern ist die biotische Diversität der Agrarlandschaften abhängig von:

- der Vielfalt der agrarisch genutzten Biotope und deren Anteile an der Gesamtfläche,
- der Vielfalt der extensiv oder sporadisch genutzten Bereiche in unterschiedlichen Entwicklungsstadien und deren Anteile an der Gesamtfläche,

- der Vielfalt der Nutzungen (Kulturarten, Produktionsverfahren, Betriebstypen etc.) sowie
- der Vielfalt der Landschaftsmuster, die durch die Nutzungsvielfalt entstanden sind.

Agrarlandschaften sind Lebensräume einer großen Zahl von Arten und Artengemeinschaften, wobei die Nutzflächen, z. B. die Äcker, eine große Bedeutung haben. Allein den Acker-Zoozönosen Mitteleuropas gehören etwa 2.800 bis 3.000 Organismenarten an (Blab 1993). Bei vielen Arten kann sich der gesamte Lebenszyklus auf dem Acker vollziehen, für andere Arten ist er lediglich ein Teillebensraum. Die Arten der Äcker sind mit ihrem Lebenszyklus an die spezifische Dynamik dieser störungsintensiven Ökosysteme angepasst. Der vergleichsweise kurze Zeitraum zwischen Bestellung und Ernte der Ackerkulturen sowie die periodisch wiederkehrende Durchführung landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen prägen die Lebensbedingungen auf Ackerflächen.

Dieser durch die Bewirtschaftung bedingte, häufig kurzfristige und extreme Wechsel verursacht für viele Arten des Ackers oftmals drastische Populationseinbrüche. Sie gleichen dies meistens durch die Fähigkeit aus, neue Lebensräume sehr rasch besiedeln zu können. Wirksame Ausbreitungsmechanismen und hohe Vermehrungsraten sind eine Voraussetzung dafür. Auch die Fähigkeit, ungünstige Zeitperioden zu überdauern, stellt eine sehr effiziente Überlebensstrategie dar. Als ein Effekt dieser Fähigkeiten können sich in unterschiedlichen Kulturarten verschiedene Biozönosen ausbilden. Die Herausbildung typischer Segetalgesellschaften der Halm- und Hackfruchtäcker ist nur ein Beispiel dafür (Ellenberg 1992; Schubert et al. 1995). Im Verlauf der Intensivierung der Landwirtschaft ist jedoch die Tendenz zu erkennen, dass Ackerbiozönosen immer weniger die standörtlichen Bedingungen charakterisieren (Substrat, Feuchte etc.) als vielmehr die landwirtschaftlichen Maßnahmen (Düngung, Bodenbearbeitung, allgemeine Bestandesführung, Pflanzenschutz etc.).

Lebewesen der Ackerflächen bilden darüber hinaus oft wichtige Glieder in Nahrungsketten der gesamten Agrarlandschaft. Sie können damit die Lebensraumqualität für Arten beeinflussen, deren Raumanpruch über die Ackerflächen hinausgeht. Beispiele dafür sind die Kleinsäuger der Feldflur, die als typische Offenlandbewohner eine wesentliche Nahrungsgrundlage für Greifvögel und Säugetiere darstellen. Die Äcker stehen somit in einem vielfältigen Verbund mit anderen Bestandteilen der Agrarlandschaft.

Die seit Mitte dieses Jahrhunderts verstärkte Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion, vor allem die Durchführung ertrags- und aufwandseffizienterer Bewirtschaftungsmaßnahmen in den Anbauverfahren der einzelnen Ackerkulturen, aber auch die Landschaftsumgestaltung durch meliorative Maßnahmen in der Feldflur haben die Lebensbedingungen für die Zönosen der Agrarflächen in den letzten fünf Jahrzehnten zum Teil drastisch verschlechtert. Hohe Düngergaben (vor allem mit Stickstoffdüngern), Saatgutreinigung, sehr effektive mechanische und chemische Unkraut- und Schädlingsbekämpfung, aber auch veränderte Saat- und Bearbeitungstermine oder die Nutzung von Hohertragssorten sind die Hauptursachen dafür. Die Beseitigung von Kleinstrukturen (Hecken, Säume, Kleingehölze etc.), die Vergrößerung von Ackerschlägen bei einheitlicher Bewirtschaftung sowie eine zunehmende Monotonie der Fruchtfolgen fördern diese Entwicklung im Landschaftsmaßstab.

5.3. Indikatoren zur Beurteilung der Bewirtschaftungseinflüsse auf Biozönosen

5.3.1 Grundlagen und Indikatorenauswahl

Die Biozönosen der Agrarlandschaften sind komplexe Gebilde, deren ganzheitliche Beschreibung ein bisher ungelöstes Problem darstellt. Demzufolge sind die Effekte der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung auf die Lebensraumqualität des Agrarraumes ebenfalls nicht vollständig beschreib- bzw. bewertbar (Knauer 1997). Um die biotischen Effekte abzubilden, die durch veränderte Anbauverfahren entstehen können (Cobham und Rowe 1994), erschien es im Rahmen der vorliegenden Arbeit notwendig, die Effekte auf wesentliche Elemente einer als charakteristisch angenommenen Ackerbiozönose zu untersuchen und aufzuzeigen. Da in den zu untersuchenden Anbauverfahren (mit bzw. ohne GVO-Sorten) lediglich einzelne Bewirtschaftungsmaßnahmen modifiziert werden, bot sich diese Herangehensweise bei der vergleichenden Bewertung der biotischen Wirkungen von Fruchtarten bzw. ihrer Anbauverfahren an.

Eine Möglichkeit, die Wirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Arten und Artengemeinschaften der Äcker abzubilden, besteht in der Heranziehung geeigneter Indikatoren (Blab 1988, Riecken 1992). Aus der Vielzahl der Lebensformen wurde deshalb eine Auswahl von Indikatoren getroffen, die diese Vielfalt und damit die Biozönose der Ackerflächen in einem möglichst hohen Maß repräsentiert und deren Verhalten gegenüber landwirtschaftlichen Bewirtschaftungseingriffen abschätzbar ist.

Es wurden die in Tabelle 5.3.1 dargestellten ökologischen Gruppen der Ackerbiozönosen unterschieden, wobei versucht wurde, die wesentlichen trophischen Ebenen dieser Lebensräume abzudecken. Aus diesen Gruppen wurden Indikatoren ausgewählt, die auch erlauben, funktionelle Zusammenhänge zwischen diesen Gruppen mit zu berücksichtigen (s.u.).

Tab. 5.3.1: Zuordnung der Indikatoren zu ökologischen Gruppen der Ackerbiozönosen

Ökologische Gruppe	Indikator
PRIMÄRPRODUZENTEN	Segetalpflanzen
HERBIVORE	Schwebfliegen, Vögel, Laufkäfer, herbivore (Klein-)Säugetiere
CARNIVORE	Laufkäfer, Spinnen, Vögel
BLÜTENBESUCHER	Schwebfliegen

Die Gruppe der Destruenten, die zweifellos wesentlich das Funktionalgefüge in Ökosystemen beeinflusst, konnte aufgrund einer bisher unzureichenden Wissensbasis nicht in die Betrachtungen einbezogen werden, ebenso die Landschaftsstruktur und Wirkungen von Fruchtfolgen (Farina 1995).

5.3.2 Beschreibung der Indikatoren

Für die Analyse und Bewertung der anbauverfahrensbedingten Effekte auf die Ackerbiozönosen wurden Indikatoren ausgewählt, die als Charakterarten von Agrarlandschaften gelten können und deren Befriedigung ihrer Lebensraumansprüche maßgeblich durch die angebauten landwirtschaftlichen Fruchtarten und ihre Produktionssysteme beeinflussbar ist. Besonders bedeutsam ist bei dieser Auswahl, dass der Schwerpunkt auf Arten und Artengruppen gelegt wurde, die ausschließlich oder zu wesentlichen Anteilen auf Äcker als Lebensraum angewiesen sind und die sich dort in der Regel auch reproduzieren (können).

Im folgenden werden die Indikatoren charakterisiert, wobei die ökologische Bedeutung in Agrarökosystemen und die Grundzüge der Beeinflussung der Populationen durch landwirtschaftliche Maßnahmen vorgestellt werden:

Segetalflora

Die Segetalflora ist ein wesentlicher Bestandteil von Agrarökosystemen. Sie bildet Phytomasse und stellt so die Basis für viele Nahrungsketten dar. Neben ihrer Eignung als Nahrungsgrundlage für Phytophage zu dienen, ist besonders ihr Blütenreichtum in Menge und Blühdauer in den "blumenarmen" Ackerfrüchten von wesentlicher Bedeutung für viele blütenbesuchende Insektenarten. An 102 Segetalarten leben beispielsweise allein 1200 phytophage Tierarten (Heydemann 1983). Eine umfangreiche Zusammenstellung der komplexen und mannigfaltigen Beziehungen zwischen Ackerwildpflanzen und der Arthropodenfauna ist Nentwig (1988) zu entnehmen.

Die Segetalflora selbst kann des weiteren durch ihren Bestand ein zum ausschließlichen Kulturpflanzenbestand differenziertes Mikroklima erzeugen und damit anderen Organismen Lebensraum bieten. Zudem dient die zusätzliche Pflanzendecke im Kulturpflanzenbestand als Deckung und mechanischer Schutz für viele Tier- und auch Pflanzenarten. Für viele Mikroorganismen (bes. der Phyllo- und Rhizosphäre) ist eine solche vielfältige Substratdecke zudem Voraussetzung zur Existenz und damit auch die Erfüllung von wichtigen Funktionen in den Agrarökosystemen. Insbesondere in Ackerbau Landschaften geraten solche besonderen physischen Eigenschaften von Vegetationsdecken oftmals ins Minimum (Plachter 1995).

Die Artenzusammensetzung der Unkräuter von Äckern ist sowohl eine Funktion der standörtlichen Gegebenheiten wie z.B. Bodenart, Feuchte und Nährstoffe, wie auch der verschiedenen Maßnahmen der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Während in biologischen Landbauformen die Segetalflora noch deutlich durch den physischen Standort geprägt wird, ist die Segetalflora in intensiver Landwirtschaft oft auf einige wenige Arten reduziert. Dabei ist ein indikatorischer Bezug zu den bodenkundlichen Standortbedingungen nur noch sehr undeutlich. Entscheidend unter solchen Landbaubedingungen ist oft lediglich die Widerstandsfähigkeit der Unkräuter gegenüber den verschiedenen Bekämpfungsmaßnahmen.

Ein besonders hohes Potenzial für eine vielfältige Segetalflora wird Kulturarten zugesprochen, die eine längere Vegetationszeit aufweisen, wie z.B. viele Futterpflanzen (besonders: mehrjährige), aber auch Wintergetreide, und die sowohl Herbst- als auch Frühjahrskeimern Lebensraum bis zur Samenreife bieten können. Notwendig für die Ausbildung einer vielfältigen Segetalflora ist zudem ein ausreichendes Mikroklima sowie Lichtenergie am Boden. Dementsprechend ist diesbezüglich das Sommergetreide als günstig

zu bewerten. Ungünstiger sind vor allem sehr spät zu bestellende Ackerkulturen wie Silo- oder Körnermais zu beurteilen, deren notwendige produktionsbedingte Bodenstörungen oft noch bis Anfang Mai erfolgen.

Bezüglich der einzelnen acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen wird die Segetalflora als Artengruppe angesehen, die meist dann zu einer reichen Entfaltung kommt, wenn wenig Herbizide eingesetzt werden bzw. geringe mechanische Regulierungsmaßnahmen verwendet werden und das Trophieniveau des Bodens aufgrund geringen Nährstoffinputs niedrig ist. Das vor allem durch verstärkte Stickstoffdüngung verursachte hohe Trophieniveau vieler Agrarstandorte stellt eines der gravierendsten Probleme des Erhaltes u.a. von Segetalgesellschaften dar (Schumacher 1980, Ellenberg 1989).

Einzelne Maßnahmen wie z.B. die Bodenbearbeitung durch Pflügen haben demgegenüber vor allem kurzfristig stark negative Effekte auf die vorkommenden Unkräuter. Sie sind jedoch, obgleich Bodenbearbeitungstermine und Pflugtiefe verschiedenen Einfluss auf die Segetalflora ausüben können, verglichen mit anderen Bewirtschaftungsmaßnahmen von relativ geringer Bedeutung. Letztlich stellen stärkere Bodenstörungen wesentliche Voraussetzungen für das Vorkommen von Segetalarten überhaupt dar.

Die mechanische Unkrautbekämpfung besitzt als Pflegemaßnahme der Ackerkulturen gegenwärtig eine höhere Wirksamkeit und damit besseren Bekämpfungserfolg als noch in den 50iger Jahren (Schumacher 1998). Dennoch sind Gefährdungen der Segetalgesellschaften im Sinne einer Auslöschung von Arten oder Artengemeinschaften auf der jeweiligen Ackerfläche bei dieser Form der Bewirtschaftung nicht anzunehmen.

Herbizid-Applikationen, vor allem mit Bodenherbiziden, wirken kurzfristig und langfristig auf Segetalzönosen. Insbesondere mehrmalige Herbizidanwendungen im Jahr beeinträchtigen die Segetalflora längerfristig stark und verursachen gravierende zönotische Veränderungen. Aus Sicht des Artenschutzes werden vor allem die fast vollständige Entfernung von Unkrautpflanzen (durch geeigneten Herbizideinsatz bzw. intensive mechanische Maßnahmen), aber auch der Nährstoffeintrag, resp. die Eutrophierung der Agrarlandschaft als stark gefährdend angesehen.

Feldvögel

Ackerflächen stellen Brut- und Nahrungsbiotope für verschiedene Vogelarten des Offenlandes dar. Charakteristische Arten der Felder sind beispielsweise Feldlerche, Grauammer, Wachtel und Rebhuhn. Sie sind u.a. auf geeignete Äcker als Lebensraum angewiesen und damit direkt durch das landwirtschaftliche Bewirtschaftungsgeschehen beeinflussbar (Nösel 1995). Änderungen der Produktionsverfahren können demzufolge mehr oder weniger starke Wirkungen auf diese Feldvögel verursachen. Die für diese Artengruppe z.T. drastischen Bestandesrückgänge werden daher oftmals mit den Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktion in Beziehung gesetzt. Als Hauptursachen für diese Entwicklung werden benannt (Flade 1994, Dwenger 1991):

- Vergrößerung der einheitlich bewirtschafteten Ackerschläge (bzw. viele kleine Schläge ohne Randstrukturen: Werner et al. 1999) und Verringerung der Fruchtartenvielfalt,
- Beseitigung von Feldrainen und anderen Kleinstrukturen,
- Wegfall von Brachejahren und Fruchtfolgen,
- häufige mechanische Bearbeitung der Ackerflächen,
- • Rückgang der Ackerbegleitflora und -fauna durch Herbizide und Insektizide,

- dichter Wuchs der Kulturpflanzen durch moderne Sorten, intensive Düngung und Ausschaltung von pflanzlichen und tierischen Konkurrenten.

Besonders geeignete Kulturen für Feldvögel sind Fruchtarten, die in der Brutzeit April-Juni (Juli) wenig Störungen, eine gute (lockere) Bestandesstruktur einschließlich eines entsprechend günstigen Mikroklimas sowie ein reichhaltiges Nahrungsangebot aufweisen. Brachen und Wintergetreide, aber auch Sommergetreide werden als potenziell günstig bewertet. Spät zu bestellende Kulturen mit langsamer Jugendentwicklung wie z.B. Mais und Rüben dagegen werden als weniger geeignet bewertet, dort fehlen die Deckung durch den Pflanzenbestand gegenüber Prädatoren und ungünstigen Witterungseinflüssen sowie das pflanzliche und tierische Nahrungsangebot für die Feldvögel und ihre Brut. Die Bestandesarchitektur von Mais gilt dementsprechend ebenfalls als eher ungünstig.

Die Lebensbedingungen von Feldvögeln auf Ackerflächen werden entscheidend durch die Kulturarten auf den Ackerflächen und die dazugehörigen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen bestimmt. Störungen während der Brutzeit, eingeschränkte Deckungsmöglichkeiten und die Einflüsse auf potenzielle Nahrung sind besonders zu beachten. Stark negativ wirken sich Bodenbearbeitungsmaßnahmen in der Brutsaison aus, da hierdurch die Gelege und auch Jungvögel zerstört werden. Herbizide sind bei häufiger Anwendung ebenfalls sehr nachteilig, da dadurch Deckung und Nahrung für Vögel vernichtet wird. Ebenso werden Insektizidapplikationen stark negativ bewertet, da sie neben direkten Tierschädigungen vor allem wichtige Nahrungsquellen, u.a. für die Anzucht der Jungvögel, vernichten. Hohe Düngergaben, vor allem mit Stickstoff, können insbesondere bei Getreide eine für die Feldvögel - aber auch aus pflanzenbaulicher Sicht - nachteilig hohe Bestandesdichte und verschlechterte mikroklimatische Bedingungen bewirken.

Herbivore Kleinsäuger

Herbivore Kleinsäuger stellen ein wesentliches Glied in der Nahrungskette von Kulturlandschaften dar. Als Konsumenten von pflanzlicher Primärschubstanz haben sie eine hohe ökologische Bedeutung als Nahrungsbasis für typische Arten der Agrarlandschaft, wie beispielsweise Greifvögel, Eulen, Weißstörche, Füchse und Wiesel.

Feldmäuse gelten als typische herbivore Kleinsäuger in Agrarlandschaften. Ihre Nahrungsquelle sind vor allem die Kulturpflanzen und die Segetalflora. Diese Gruppe besitzt ein erhebliches Vermehrungspotenzial und kann unter geeigneten Bedingungen erhebliche Populationsdichten entwickeln, die in der Vergangenheit vor allem in Grünlandbeständen und mehrjährigem Feldfutter auch Feldmausplagen verursacht haben (Mitt. BBA 1978). Ein derartig hohes Vermehrungspotenzial kann starke Schädigungen der Population durch landwirtschaftliche Eingriffe rascher ausgleichen als z. B. bei Vögeln oder Feldhasen.

In der Beurteilung der potenziellen Lebensraumqualität der verschiedenen Kulturarten für Feldmäuse wurden die Länge der Vegetationszeit, d.h. die maximal mögliche Bodenruhe, die potenziell zur Verfügung stehende Nahrung (Kulturpflanzen und Segetalflora) sowie die Deckungsmöglichkeiten zum Schutz vor Prädatoren zugrunde gelegt. Brachen und Wintergetreide wurden als besonders geeignet angesehen, Sommergetreide, Ackerbohnen und Hackfrüchte sind etwas ungünstiger beurteilt worden.

Zu den Bewirtschaftungsmaßnahmen, die die Lebensraumeignung für Feldmäuse auf den Ackerflächen zumindest kurzfristig dramatisch verschlechtern, zählen vor allem Bodenbearbeitungsmaßnahmen. Besonders durch das Pflügen werden starke

Populationsschädigungen hervorgerufen. In der Vergangenheit wurden Feldmäuse gezielt mittels Bodenbearbeitung bekämpft. Eine schnelle Strohberäumung nach der Getreideernte und tiefes Pflügen vom Rand zum Zentrum des Acker-schlages gelten diesbezüglich als sehr wirksame Maßnahme (Hänsel und Wieland 1989). Auch mechanische Pflegemaßnahmen (Unkrauthacke, Bodenlockerung etc.) greifen durch die Zerstörung von unterirdischen Bauten und die direkte mechanische Wirkung auf die Tiere zum Teil erheblich in die Mäusepopulation ein. Aufgrund der hohen Vermehrungsrate der Feldmäuse wird diesen Maßnahmen jedoch keine starke, langfristige Wirkung zugesprochen.

Herbizid-Applikationen werden kurzfristig (direkte Wirkung auf die Mäuse-Individuen) als harmlos angesehen. Dadurch jedoch, dass sie eine wesentliche Nahrungsgrundlage der Mäuse beeinträchtigen, haben sie eine längerfristig nachteilige Wirkung.

Bei den Feldmäusen wurde, als einziger Indikatorengruppe, auf die Betrachtung naturschützerischer Belange (Artenschutz) verzichtet, da ihre Populationen zwar erheblichen Schwankungen unterliegen, sie im Bestand aber nicht als gefährdet gelten.

Feldhasen

Feldhasen zählen zu den charakteristischen Säugetieren der Feldflur. Diese vorwiegend ortstreuen Tiere leben in Steppengebieten und offenen Kulturlandschaften. Als jagdbares Niederwild wies seine Jagdstrecke in der jüngeren Vergangenheit eine stetige Verringerung auf. Aktuell zählt der Feldhase in vielen Agrarlandschaften bereits zu den gefährdeten Arten (Blab 1990, Jedicke 1997).

Die Lebensbedingungen für diese Tierart haben sich in den letzten drei Jahrzehnten stetig verschlechtert. Ursachen dafür werden vor allem auch in einer zunehmenden Intensivierung der Pflanzenproduktion durch geänderten Einsatz von Betriebsmitteln, einseitige Fruchtfolgen, Bewirtschaftung mittels Großtechnik sowie in dem Verlust an geeigneten Kleinstrukturen in der Landschaft gesehen (Dobias 1997, Bierhals 1976). Untersuchungen von Müller et al. (1996) zeigen, dass Feldhasen im Frühjahr und im Herbst bevorzugt Fruchtarten aufsuchen, die Äsung bieten können. Wintergetreide und -raps, Klee- und Luzerneflächen sowie Stoppelbrachen werden bevorzugt angenommen. Vegetationslose oder vegetationsarme Flächen wie z.B. solche mit Herbstfurchen werden eher gemieden.

Feldhasen können Ackerflächen zur Vermehrung, Deckung und Nahrungsaufnahme nutzen. Ein großer Reichtum an Kräutern und Gräsern, gute Deckungsmöglichkeiten sowie seltene Störungen sind wesentliche Voraussetzung für eine entsprechend gute Lebensraumeignung. Feldhasen werden demzufolge indirekt sehr stark durch den Verlust an Segetalflora beeinträchtigt (Bierhals 1976). Direkte Schädigungen können durch mechanische Bodenbearbeitung oder Erntemaßnahmen verursacht werden.

Laufkäfer und Spinnen

Laufkäfer und Spinnen gelten als Artengruppen, die meist eine enge Bindung an bestimmte Raumstrukturen sowie an Mikroklima, Boden und vor allem an bestimmte Nutzungen aufweisen (Riecken 1992). Insbesondere die steppenartigen Bedingungen von Ackerkulturen begründeten charakteristische Laufkäfer- und Spinnenzönosen. Gerade zu diesen Artengruppen existiert ein vielfältiges ökologisches Wissen über ihre Beeinflussbarkeit durch landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen. Der Einsatz von Insektiziden in landwirtschaftlichen Kulturen kann sich direkt schädigend auf die Laufkäfer- und Spinnenzönose auswirken (Basedow 1983, 1991). Neben Schädigungen der adulten Käfer sind aber auch z.B. bei einzelnen, zu Rüben in den Boden eingearbeiteten bzw. in die Saatgutpille integrierte Insektizid-Präparate, auch Langzeiteffekte über die Schädigung der endogäisch (semiedaphisch) lebenden Larven anzunehmen. Insektizideinsatz führt auch zur Verringerung oder gar zum Verlust an Nahrung für epigäische Raubarthropoden. Ihre Hauptnahrung, Collembolen und Blattläuse, sind im Vergleich zu fehlender Applikation deutlich reduziert. Einzelne Laufkäferarten reagierten darauf u.a. mit verringerter Eiablage, d.h. mit reduzierter Vermehrungsfähigkeit (Basedow 1991).

Die in der Vergangenheit je Flächeneinheit mengenmäßig zunehmende Stickstoffdüngung führte zu ertragreicheren, aber auch dichteren Pflanzenbeständen. Die dadurch veränderten mikroklimatischen Bedingungen bewirkten u.a. eine Reduzierung großer, allgemein trockenheit- und wärmeliebender Laufkäfer in der Zönose, die sogenannte „Miniaturisierung der Laufkäfer- und Spinnenzönose“. Vor allem Arten aus der Gattung *Carabus* und der Familie *Lycosidae* sind davon betroffen (Heydemann 1983, Basedow 1991).

Auch Maßnahmen der Bodenbearbeitung oder der mechanischen Unkrautbekämpfung können direkt und indirekt die Laufkäfer- und Spinnenzönose beeinträchtigen (Heydemann 1953, Tischler 1955, Büchs 1994). Hacken des Bodens gegen Unkräuter führt z.B. vor allem bei den größeren Laufkäfern der Gattung *Carabus* zu Beeinträchtigungen (Basedow 1991).

Die Reduzierung der Pflanzenvielfalt durch den Verlust an Segetalflora wird ebenfalls als eine Ursache für sinkende Biotopeignung von Ackerkulturen benannt. Phytophage Arten sind davon oft direkt betroffen (Basedow 1987, Müller 1991). Eine sogenannte „Restverunkrautung“ in Weizen und Zuckerrüben führte z.B. zu größerer Artenvielfalt bei Laufkäfern und steigender Biomasse (Häni, A. et al. 1990 und Häni, F. 1990). Einzelnen Herbiziden wird neben der unkrautvernichtenden auch eine für Laufkäfer und Spinnen direkte, insektizide Wirkung zugesprochen (Basedow 1989).

Schwebfliegen

Insekten stellen die artenreichste Gruppe im Tierreich dar. Eine Fülle von unterschiedlichen Lebensformen und ökologischen Ansprüchen existiert u.a. auch innerhalb von Ackerflächen. Gerade bei dieser Tiergruppe ist es deshalb notwendig, sich auf geeignete Indikatoren zu beschränken. Neben den Laufkäfern und Spinnen erscheinen Schwebfliegen aufgrund ihrer Lebensweise und einer entsprechend breiten Wissensbasis als geeignet, qualitative Veränderungen der Lebensbedingungen von Ackerflächen zu indizieren.

Schwebfliegen werden oftmals als bedeutend für die agrarische Produktion dargestellt, da eine Reihe von Arten aus dieser Gruppe als Larven effiziente Blattlausvernichter ist (Keller 1994). Die Imagines ernähren sich überwiegend von Pollen und Nektar. Die Lebensbedingungen für diese Arten werden demzufolge vor allem indirekt durch das

Vorhandensein von geeigneten Blütenpflanzen bestimmt. Eine blütenpflanzenreiche Segetalflora ist somit eine der entscheidenden Voraussetzungen für die Lebensraumeignung von landwirtschaftlichen Kulturflächen (Häni, F. 1990, Müller 1991). Direkte und indirekte Beeinträchtigungen dieser Insektengruppe können bei Insektizidanwendungen entstehen. Die Nahrung der Larven (Blattläuse), die Larven selbst sowie die Imagines können von direkter Vernichtung betroffen sein.

5.3.3 Ökologische Wechselwirkungen zwischen den Indikatoren

Einzelne landwirtschaftliche Maßnahmen wirken oft direkt oder indirekt auf mehrere der Indikatoren. Neben den direkten Wirkungen auf einen einzelnen Indikator sind vor allem funktionale Bezüge zwischen den Indikatoren die Ursache für indirekte Effekte. Es wird deshalb versucht, Grundzüge dieser Kausalzusammenhänge in die Bewertung der Biotopeignung von Fruchtarten mit einzubeziehen. Die wesentlichen Zusammenhänge, die Bestandteil der Bewertung sind, enthält Tab. 5.3.3.

Tab. 5.3.3: Biozönotisch bedeutsame Wechselwirkungen zwischen den betrachteten Indikatoren der Ackerzönosen

Bedeutung von ...	für die Indikatoren ...					
	Segetalflora	Feldvögel	Feldmaus	Feldhase	Laufkäfer und Spinnen	Schwebfliegen
Segetalflora	-	Nahrung, Deckung	Nahrung, Deckung	Nahrung, Deckung	Nahrung, Deckung	Nahrung, (Vermehrungsort)
Feldvögeln	Verbreitung, (Artenzusammensetzung, SB)	-	0	0	Artenzusammensetzung	Artenzusammensetzung
Feldmaus	Artenzusammensetzung, Verbreitung	0	-	(Nahrungskonkurrenz)	0	0
Feldhase	Artenzusammensetzung	0	(Nahrungskonkurrenz)	-	0	0
Laufkäfern und Spinnen	(Artenzusammensetzung, Schädlingsbekämpfung)	Nahrung	0	0	-	0
Schwebfliegen	Artenzusammensetzung,	Nahrung	0	0	Nahrung	-

	Schädlings bekämpfung					
0 ... keine bedeutsamen Beziehungen berücksichtigt, (xx) ... untergeordnet bedeutsam fett ... in die Bewertung hauptsächlich einbezogene Zusammenhänge						

5.3.4 Sensibilität der Indikatoren gegenüber Bewirtschaftungseinflüssen

Die Arten der Ackerzönosen sind gegenüber Störungen in ihrem Lebensraum in unterschiedlichem Maß empfindlich. In Abhängigkeit von den Lebensraumansprüchen der Indikatoren und ihrer artspezifischen Sensibilität gegenüber Bewirtschaftungseinflüssen haben einzelne Maßnahmen sehr unterschiedlich ausgeprägte Effekte auf die betrachteten Arten zur Folge.

Einzelne Maßnahmen, wie zum Beispiel die Stickstoffzufuhr zu Kulturpflanzen, können vor allem bei Getreide zu einer Erhöhung der Bestandesdichte führen. Dies wiederum hat mikroklimatische Auswirkungen. Die Bestände sind am Grund weniger lichtdurchschienen und winddurchstreift und besitzen dadurch ein insgesamt kühleres und feuchteres Mikroklima.

Während diese Veränderung der mikroklimatischen Bedingungen für die Zusammensetzung der Laufkäferzönose von großer Bedeutung ist, sind solche Aspekte bei Schwebfliegen weniger wichtig. Tabelle 5.3.4 stellt bedeutsame bewirtschaftungsbedingte Einflussgrößen zusammen.

Zur Bewertung der Effekte landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf einzelne biotische Indikatoren sind in der vorliegenden Studie vorrangig diese Einflussgrößen herangezogen worden.

Tab. 5.3.4: Bewirtschaftungsbedingte Beeinflussung von Indikatoren und biozönotisch bedeutsame Hauptwirkungsgrößen

Indikatoren	Bewirtschaftungsmaßnahmen	Hauptwirkungsgrößen auf Indikatoren
Segetalflora	Düngung - vor allem Stickstoff -, Herbizide, (mechanische Bestandespflege, Grundbodenbearbeitung (allg. Pflug))	Eutrophierung, Bestandesdichte, (Mikroklima)
Feldvögel	mechanische Bestandespflege, Herbizide, Insektizide, Düngung (vor allem Stickstoff)	Bestandesdichte, Mikroklima, Nahrungsverfügbarkeit, direkte Verletzungen
Feldmaus	Grundbodenbearbeitung (allg. Pflug), mechanische Bestandespflege, Herbizide, Ernte	Nahrungsverfügbarkeit, Verletzungsgefahr, (Bestandesdichte, Mikroklima)
Feldhase	Mechanische Bestandespflege, Herbizide, (Insektizide, Fungizide), Ernte	Bestandesdichte, Eutrophierung, Mikroklima, Nahrungsverfügbarkeit, direkte Verletzungen
Laufkäfer und Spinnen	Düngung - vor allem Stickstoff -, Insektizide, (Herbizide, mechanische Bestandespflege, Grundbodenbearbeitung (allg. Pflug))	Eutrophierung, Bestandesdichte, Mikroklima, Nahrungsverfügbarkeit, (direkte Verletzungen)
Schwebfliege	Insektizide, Herbizide, (mechanische	Eutrophierung,

n	Bestandespflege, Grundbodenbearbeitung (allg. Pflug)	Nahrungsverfügbarkeit
(xx) ... untergeordnet bedeutsam		

Das Beziehungsdiagramm (Tab. 5.3.3) zeigt auch die artenübergreifende große Bedeutung der Segetalflora als wesentliches Element der Lebensraumvoraussetzung und -qualität. Wechselwirkungen zwischen den anderen Indikatoren führen dazu, dass die Bewertung der Auswirkungen von landwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Ackerzönosen sehr komplex ist.

5.4 Methoden

5.4.1 Bewertungsmodell

Biotische Effekte landwirtschaftlicher Bewirtschaftung werden entscheidend durch folgende miteinander verzahnte Teilaspekte geprägt:

- Fruchtart,
- Anbauverfahren (Art, Häufigkeit und Ausprägung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen zu dieser Fruchtart),
- Fruchtfolge bzw. Anbauverhältnis im Betriebsmaßstab.

Die landwirtschaftlichen Kulturen besitzen aufgrund ihrer verschiedenen Bestandesentwicklungen a priori ein sehr unterschiedliches Potenzial als Lebensraum für Biozönoten des Agrarraumes. So ist z.B. die potenzielle Eignung von Wintergetreidebeständen als Lebensraum für Feldvögel eine andere als die von Silomaisbeständen. Unabhängig vom Bewirtschaftungsgeschehen zu den einzelnen Fruchtarten ist deshalb versucht worden, diese Wirkung durch einen **potenziellen Biotopwert** der einzelnen Kulturen abzubilden (Abb. 5.4.1-1). Diese "bewirtschaftungsfreie" Maßzahl beschreibt die maximal mögliche Eignung einer Ackerkultur, als Lebensraum für die betrachteten Indikatoren zu dienen.

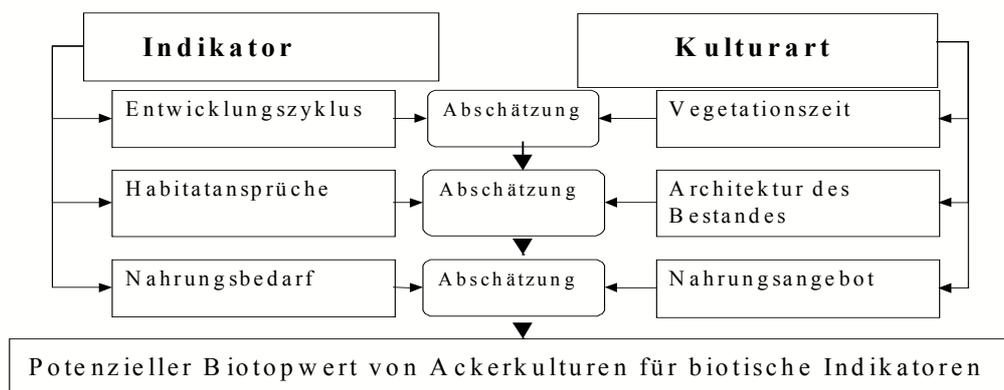


Abb. 5.4.1-1: Schema der Schritte zur Abschätzung des potenziellen Biotopwertes von Kulturartenbeständen

Aufgrund des tatsächlichen Bewirtschaftungsgeschehens im jeweiligen Anbauverfahren wird diese maximal mögliche Biotopeignung mehr oder weniger stark verringert. Es wird deshalb je nach Art, Häufigkeit und Ausprägung der Bewirtschaftung (= *Bewirtschaftungsintensität*) ein **Anbauverfahrenswert** abgeleitet, der ein Störungsmaß der Bewirtschaftung darstellt.

Auf dieser Grundlage wird mit Hilfe einer Verknüpfungsmatrix die potenzielle Biotopeignung von Fruchtarten zu einem **aktuellen Biotopwert** modifiziert. Diese Maßzahl beschreibt die Lebensraumeignung von Ackerkulturen für den betrachteten Indikator (Matrix und Skala s.u.).

Für jede Fruchtart bzw. jedes Anbauverfahren werden für jeden Indikator der potenzielle Biotopwert, der Anbauverfahrenswert sowie der daraus abgeleitete aktuelle Biotopwert ermittelt. Über alle sechs Indikatoren wird als Zusammenfassung ein **Gesamtwert der aktuellen Biotopwirkung** durch Mittelwertbildung berechnet. Diese Maßzahlen stellen nachfolgend die Grundlage für die Bewertung der zu untersuchenden Fruchtarten sowie die Berechnung von Szenarien im Betriebs- bzw. Landschaftsmaßstab dar. Der Vergleich der biotischen Wirkungen modifizierter Anbauverfahren mit gentechnisch veränderten Fruchtarten basiert auf dieser Herangehensweise. In Abbildung 5.4.1-2 sind die wesentlichen Schritte zur Abschätzung des aktuellen Biotopwertes von Kulturpflanzenbeständen und ihren Produktionssystemen für die Indikatoren als Fließdiagramm dargestellt.

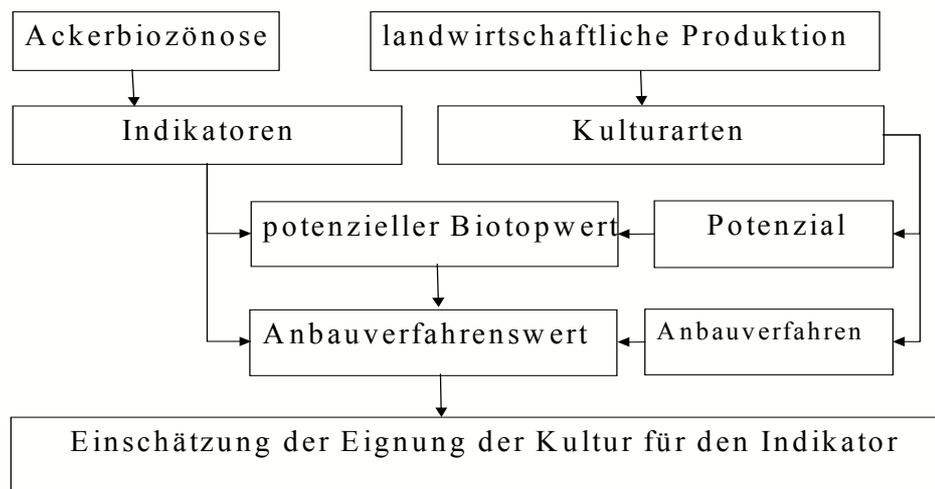


Abb. 5.4.1-2: Prinzipschema der Einschätzung der Biotopwertes von Ackerkulturen für verschiedene biotische Indikatoren

5.4.2 Biotopwert auf Populationsbasis

Biotische Effekte auf Indikatoren sind vor allem dann von Relevanz, wenn sie Wirkungen von populationsbedeutsamem Ausmaß aufweisen. Deshalb erfolgen alle Aussagen zur Biotopwertes und -beeinflussung generell auf Populationsniveau. Die Indikatorarten werden hinsichtlich der Möglichkeiten zur Befriedigung ihrer Lebensraumsprüche bewertet. Im Mittelpunkt der Bewertung steht die Chance zum Erhalt der Populationen, der vor allem durch einen entsprechenden Vermehrungserfolg zu sichern ist.

Es werden fünf Stufen der Bewertung des Biotoppotenzials einschließlich der dazugehörigen Maßzahlen angegeben (Tab 5.4.2). Sowohl die potenziellen, als auch die aktuellen Biotopwertes wurden mit Maßzahlen zwischen 1 und 5 bewertet. Sie ordnen sich demzufolge in diese Klassen ein.

Tab 5.4.2: Indikatorbezogenes Biotoppotenzial von Ackerflächen

Stufe	Beschreibung	Maßzahl
1	Die Ansprüche des Indikators werden optimal befriedigt, dauerhaft stabile Populationen sind dadurch möglich	1 ... 1,5
2	Die Ansprüche des Indikators werden zum Teil optimal, zum Teil gut befriedigt, hauptsächlich stabile Populationen sind dadurch möglich	> 1,5 ... 2,5
3	Die Ansprüche des Indikators werden größtenteils gut bis ausreichend befriedigt, die Populationsdynamik ist instabil und größeren Schwankungen unterworfen	> 2,5 ... 3,5
4	Die Ansprüche des Indikators werden nur noch zum Teil befriedigt, instabiles Populationsgeschehen mit größerer Gefahr der Populationsvernichtung ist die Folge	> 3,5 ... 4,5
5	Der Indikator findet keinen Lebensraum, Populationen nicht existenzfähig	> 4,5 ... 5

5.4.3 Potenzieller Biotopwert von Fruchtarten

Landwirtschaftliche Kulturen besitzen spezifische Eigenschaften, die unabhängig von der Bewirtschaftung sind und die maßgeblich den möglichen Wert der Kulturpflanzenbestände als Biotop mitbestimmen. Beispielsweise wird Mais aufgrund seiner Temperaturempfindlichkeit erst gesät, wenn die mittleren Bodentemperaturen möglichst 8° C übersteigen. Er wird deshalb unter mitteleuropäischen Bedingungen in der Regel nicht vor Mitte bis Ende April bestellt.

Wintergetreidearten weisen dagegen im Frühjahr oft keine so intensiven Bodenstörungen wie Sommerungen auf.

Zur Abschätzung des potenziellen Biotopwertes wurde angenommen, dass zwischen Saatbettbereitung bzw. Aussaat und Ernte keinerlei Bewirtschaftungsmaßnahmen durchgeführt werden. Der potenzielle Biotopwert ist vor allem abhängig von:

- der Länge der Zeit zwischen Bestellung und Ernte der Kulturart und der Lage dieses Zeitraumes in Bezug zu der Aktivitätszeit der Indikatoren,
- der Architektur bzw. Raumstruktur des Pflanzenbestandes und seiner Entwicklung in Beziehung zur Eignung für die Indikatoren sowie
- der Wirtspflanzeignung der Kulturpflanze.

Für jeden der gewählten Indikatoren wurde der potenzielle Biotopwert integrativ über obige Kriterien abgeleitet. Die Gesamtbeurteilung des potenziellen Biotopwertes einer Fruchtart für die Agrarbiozönose erfolgt mit Hilfe der Mittelwertbildung über alle Indikatoren.

Diese potenziellen Biotopwerte der im Projekt betrachteten Fruchtarten einschließlich einiger zusätzlich einbezogener Brachevarianten sind in Tabelle 5.4.3 dargestellt. Die Biotopwirkung der "Einjährigen Brache mit Selbstbegrünung" wird mit Ausnahme auf die Indikatorgruppe der Kleinsäuger mit 1,0 bewertet. Diese Flächen sind in der Regel durch eine vielfältige segetalartenbetonte Vegetation einschließlich einer vielgestaltigen Architektur bzw. Raumstruktur sowie einer vergleichsweise lange andauernden Störungsarmut charakterisiert. Der mittlere potenzielle Biotopwert dieser Bracheflächen ergibt deshalb einen Wert von 1,1.

Tab. 5.4.3: Potenzielle Biotopeignung von Ackerkulturen für die ausgewählten biotischen Indikatorgruppen

Fruchtart	Segetalflora	Feldvögel	Feldmäuse	Feldhasen	Laufkäfer und Spinnen	Schwebfliegen	Mittelwert
Ackerbohne	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Futtermübe	2,0	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Kartoffeln	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,0	2,4
Körnermais	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0	2,5	2,6
Raps	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Sommergerste	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Silomais	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0	2,5	2,6
Sommerweizen	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Wintergerste	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0	1,8
Winterroggen	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0	1,8
Winterweizen	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0	1,8
Zuckerrüben	2,5	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Buntbrache 3jährig	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,3
Grünbrache 1jährig	3,5	3,0	2,0	3,5	2,5	3,5	2,8
Brache, selbstbegrünt, 1jährig	1,0	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,1
Brache, selbstbegrünt, 5jährig	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,4

5.4.4 Anbauverfahrenswert

5.4.4.1. Anbauverfahren und Maßnahmegruppen

Landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen stellen für die Biozönosen oft Störungen dar. Wenngleich Bodenstörungen allgemein die entscheidende Voraussetzung für den Offenlandcharakter von Agrarlandschaften sind, gilt die Intensität (Art und Häufigkeit der Maßnahmen) oftmals als limitierend für die Ausbildung charakteristischer Offenlandbiozönosen (SRU 1994, 1996).

Anbauverfahren von Kulturpflanzen bestehen aus einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen, die zu folgenden Maßnahmegruppen zusammengefasst wurden:

- Grundbodenbearbeitung und Grunddüngung,
- Saatbettbereitung und Aussaat,
- Stickstoff-Düngung,
- Unkrautbekämpfung,
- Schädlingsbekämpfung,
- Krankheitsbekämpfung,
- Ernte und ggf. Stoppelbearbeitung.

Innerhalb dieser Maßnahmegruppen kann in Abhängigkeit von Fruchtart und Bewirtschaftungsweise eine Reihe von Einzelmaßnahmen kombiniert werden. Beispiele dafür sind in der folgenden Tabelle 5.4.4-1 angegeben.

Tabelle 5.4.4-1: Einzelmaßnahmen innerhalb der Maßnahmegruppe “Unkrautbekämpfung” in Abhängigkeit von Fruchtart, Resistenz und Anbauform (Daten aus Eggenschwiler et al. 1999, eigene Berechnungen)

Fruchtart (mit Toleranz od. Resistenz)	Anbauform	Einzelmaßnahmen (Art, Häufigkeit)
Silomais (nicht gentechnisch verändert)	biologisch integriert intensiv	1* Striegeln, 2* Hacken 1* Herbizid, 1* Hacken 1* Herbizid
Silomais (Herbizid-Toleranz)	integriert intensiv	1,3* Herbizid, 1* Hacken 1,3* Herbizid
Winterweizen (nicht gentechnisch verändert)	biologisch integriert intensiv	2* Striegeln 1* Herbizid 2,07* Herbizid
Winterweizen (Braunrostresistenz)	biologisch integriert intensiv	2* Striegeln 1* Herbizid 2,07* Herbizid

Aufgrund der Ähnlichkeiten in der Ausprägung der Maßnahmengruppen von einzelnen Kulturen sind diese meistens zu Fruchtartengruppen zusammengefasst worden (Tab. 5.4.4-2).

Beispiel: Silo- und Körnermais auf der einen Seite sowie Wintergerste, Winterroggen, Winterweizen und Triticale auf der anderen Seite wurden, wenn eine einheitliche Technologie in der Maßnahmegruppe angewendet wird, zusammengefasst.

Tab. 5.4.4-2 Fruchtartengruppen und zugehörige Fruchtarten

Fruchtartengruppe	Fruchtart
Wintergetreide und -raps	Winterweizen Winterroggen Wintergerste Triticale Winterraps
Sommergetreide und Ackerbohnen	Sommergerste Sommerweizen Ackerbohnen
Hackfrüchte	Kartoffeln Zuckerrüben Mais
Brachen	Buntbrache Grünbrache (Selbstbegrünung) ¹⁾
¹⁾ Selbstbegrünung ist hinsichtlich der Pflegemaßnahmen an die bestellten Brachen angelehnt worden	

In Einzelfällen jedoch, in denen eine stärkere Diskrepanz zwischen den Maßnahmen innerhalb einer Fruchtarten- und einer Maßnahmengruppe aufgetreten ist, wurden einzelne Maßnahmen direkt zu den Fruchtarten ausgewiesen.

Beispiel: Das Pflanzen von Kartoffeln und die Aussaat von Silomais sind sowohl von der Technologie, als auch vom Termin stark unterschiedlich. Deshalb wurden diese Maßnahmen getrennt betrachtet.

5.4.4.2 Biotische Wirkungen von Bewirtschaftungsmaßnahmen

Die Ableitung von wesentlichen biotischen Effekten, die durch die landwirtschaftliche Bewirtschaftung entstehen können, erfolgte über die Bewertung der Maßnahmengruppen. Dabei wurden drei verschiedene Aspekte der Wirkungen unterschieden: kurzfristige, langfristige und solche auf Artenschutzziele.

Die kurzfristigen Wirkungen sind diejenigen, die sich unmittelbar auf die Individuen der Population beziehen.

Langfristige Wirkungen beziehen sich auf Veränderungen der Lebensraumbedingungen und Wechselwirkungen zwischen den Indikatoren.

Der Aspekt des Artenschutzes soll ausdrücken, ob sich durch die Maßnahmen die Bedingungen für Arten verändern, die für den Artenschutz von besonderem Interesse sind. Dies wird an einigen Beispielen erläutert.

Die drei Wirkungsbereiche werden entsprechend Tabelle 5.4.4-3 in fünf Wertstufen gegliedert.

Tab. 5.4.4-3: Betrachtete Wirkungen, Wertstufen und biozönotische Bewertung der Effekte von Bewirtschaftungsmaßnahmen

Wirkung auf ...	Beschreibung
“Populationen”	Sofortige direkte und indirekte Wirkungen auf aktuell vorhandene Populationen des Indikators Wertstufen: 0 ... 4
“Zönosen”	Langfristige Wirkungen auf die potenziell vorhandenen Populationen des Indikators, vor allem hinsichtlich: . Nahrung . Deckung Wertstufen: 0 ... 4
“Artenschutz”	Gesamtwirkung auf die Gruppe der gefährdeten Arten Wertstufen: 0 ... 4
Wertstufen	0 : keine nachweisbaren Wirkungen 1 : Wirkungen nur auf einzelne Individuen/ Arten, unerhebliche Populationsbeeinflussung und Veränderung der Zönose 2 : Wirkungen auf viele Individuen/ Arten, Populationsschwächung, geringe bis mäßige Zönoseveränderungen 3 : Starke Wirkung auf Arten, Populationsbeeinträchtigung, deutliche Veränderungen der Zönose 4 : Populationsvernichtende Wirkung, drastische Veränderung der Zönose

Abbildung 5.4.4.4-1 fasst die Komponenten der Bewertungsmethodik zusammen. Die Kulturarten werden gruppiert und anhand der verschiedenen Maßnahmen der Produktionssysteme in ihrer Wirkung auf die Indikatoren abgeschätzt, wobei mehrere Aspekte der Wirkungen unterschieden werden.

Bodenbearbeitung

Das Pflügen vernichtet die aktuell vorhandenen Populationen vieler Segetalarten **direkt** und **vollständig**, zumindest die der 'Nicht-Diasporen'. Für diese Gruppe stellt sich das Pflügen **kurzfristig** als stärkste Beeinträchtigung dar. Die direkte Wirkung einer solchen Maßnahme muß demnach aus Sicht des Indikators Segetalflora mit “4” (“Populationsvernichtung”) bewertet werden.

Gleichzeitig jedoch fördert das Pflügen Unkrautsamen wieder aus unteren Schichten des Pflughorizontes in obere. Es wird also eine wesentliche Voraussetzung zur Existenz von Ackerunkräutern erfüllt. Gleichsam wird durch regelmäßiges Pflügen die Besiedlung des Ackers durch ausdauernde ruderale Arten verhindert, die anderenfalls gegenüber den typischen Segetalarten erhebliche Konkurrenzvorteile besitzen würden. Die langfristigen Wirkungen des Pflügens auf die Segetalarten sind in Abhängigkeit vom Termin der Maßnahme deshalb mit “0” (“keine Wirkung”) oder “1” (“unerhebliche Veränderung”) zu bewerten.

Aufgrund der unspezifischen Wirkung der Maßnahme “Grundbodenbearbeitung mittels Pflug” auf alle Unkräuter sind die Wirkungen auf die gefährdeten Arten der Segetalvegetation analog zu den indirekten Wirkungen (zönotische Wirkungen) zu bewerten (“0” oder “1”).

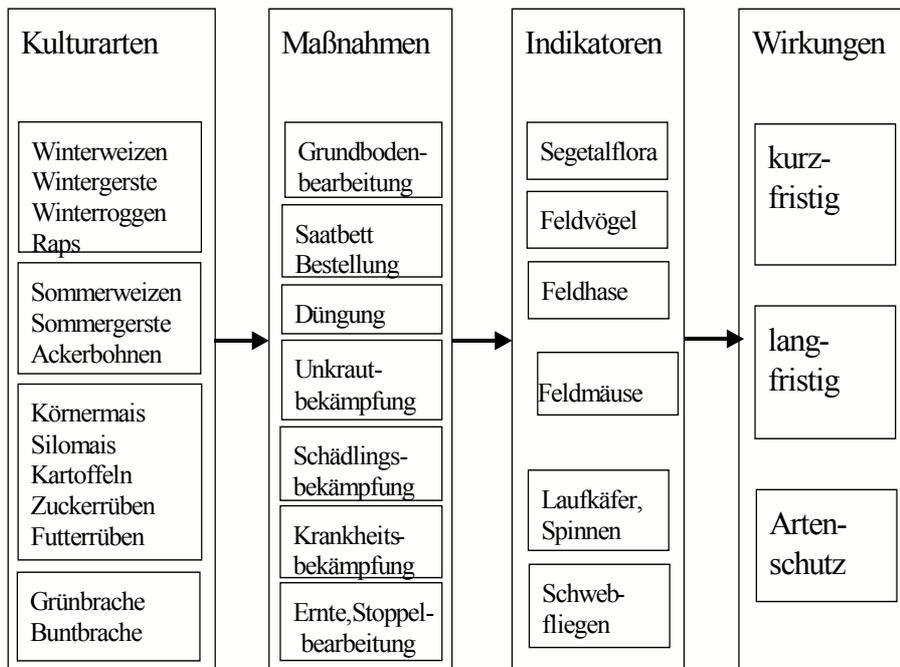


Abb. 5.4.4-1: Komponenten der Methodik zur Abschätzung der Biotopeignung von Kulturpflanzenbeständen mit ihren speziellen Anbauverfahren, bezogen auf die ausgewählten biotischen Indikatoren

Durch den Einsatz des Pfluges werden Phytophage oder blütenbesuchende Insekten sowohl direkt vernichtet als auch werden ihnen die Wirte entzogen. Kurzfristig fehlen für besiedelnde Individuen geeignete Wirtspflanzen. Diese direkte Wirkung wird deshalb mit "4" bewertet. Langfristig kann diese Maßnahme in Abhängigkeit vom Termin ihrer Durchführung ebenfalls stärkere Negativeffekte bewirken. Eine späte Frühjahrsfurche beispielsweise vernichtet den Unkrautbestand mehr oder weniger langfristig und damit wichtige Nahrungs- bzw. Wirtspflanzen. In Abhängigkeit von der Regenerationsfähigkeit der Arten können sich Populationen zum Teil selbst wieder aufbauen. Die langfristige Wirkung dieser Maßnahme ist demzufolge mit "2" oder "3" zu bewerten.

Düngung

Die biotischen Wirkungen der mineralischen Stickstoffdüngung sind im Vergleich zum Pflügen vollkommen andersartig. Die Applikation von Stickstoff führt meist nicht zu einer direkten kurzfristigen Beeinträchtigung der aktuellen Segetalflora. Deshalb wird hier hauptsächlich die Wertstufe "0" vergeben. Langfristig jedoch werden einzelne konkurrenzschwache Arten im Laufe der Zeit so stark unterdrückt, dass sie in ihrer Existenz stark gefährdet werden können. Biozönotisch wird deshalb die Wirkung der N-Düngung mit "3" angenommen. Aus Sicht des Artenschutzes jedoch wird sie mit "4" ("Totale Populationsvernichtung") bewertet, da sich die Standortbedingungen für schützenswerte Arten langfristig stark verschlechtern können.

5.4.4.3 Wichtung der biotischen Wirkungen

Ausgehend von den Einzelwerten für die kurzfristigen und langfristigen sowie die artenschutzbezogenen Wirkungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Einzelindikatoren wurden für jede Maßnahmegruppe ein gewichteter Gesamtwert der biotischen Wirkungen ermittelt.

Da biozönotisch vor allem die langfristigen Wirkungen sowie die Wirkungen auf die gefährdeten Arten von entsprechend hoher Bedeutung sind, wurden diese stärker gewichtet als die Wirkungen auf Populationen, resp. die kurzfristigen direkten und indirekten Wirkungen (Tab. 5.4.4-4).

Im Kap. 5.5.2 werden verschiedene Betriebe miteinander verglichen, hier werden auch die Bewertungen des Artenschutzaspekts gesondert aufgeführt.

Tab. 5.4.4-4: Wichtungsfaktoren der indikatorbezogenen Einzelwirkungen zur Ableitung der Gesamtwirkung

Wirkkomponente	Wichtungsfaktor
Populationen	0,2
Zönosen	0,4
Artenschutz	0,4

5.4.4.4 Ableitung eines indikatorbezogenen Wertes zur biotischen Wirkung von Anbauverfahren

Zunächst wurden die biotischen Wirkungen der einzelnen Maßnahmengruppen jedes Anbauverfahrens auf jeden Indikator abgeschätzt. Je Anbauverfahren gibt es demzufolge für jeden Indikator sieben Einzelwerte (s. Kap. 5.4.4.1).

Beispiel: Der Indikator "Feldvögel" wird durch die einzelnen Maßnahmengruppen im Verfahren "Winterweizen intensiv" sehr unterschiedlich beeinflusst:

Maßnahmengruppe	Gewichtete biotische Wirkung	
Grundbodenbearbeitung		1,4
Saatbettbereitung und Aussaat		0,2
Düngung	2,3	
Unkrautbekämpfung		1,6
Schädlingsbekämpfung		3,0
Krankheitsbekämpfung		0,1
Ernte	1,1	

Die biotischen Effekte im Anbauverfahren werden vor allem durch die wirksamsten, d.h. am schädlichsten auf die Indikatoren wirkenden Maßnahmen(gruppen) bestimmt. Demzufolge dient der Wert derjenigen Maßnahmengruppe, der die maximale Beeinträchtigung zum Ausdruck bringt, als vorrangiger Wert ('Basiswert') für den indikatorbezogenen Anbauverfahrenswert. Diese Herangehensweise erscheint gerechtfertigt, da die schädigende

Wirkung dieser einen Maßnahmengruppe, die nach populationsbedeutsamen Kriterien bewertet wird, nicht durch andere, weniger gravierende Maßnahmen abgeschwächt werden kann.

Beispiel: Wenn durch häufige mechanische Unkrautbekämpfung in Wintergetreidebeständen die Bruten der Feldvögel vernichtet worden sind, ist es unerheblich, ob durch Nichtanwendung von Insektiziden ausreichend Insektennahrung zur Anzucht der Jungvögel vorhanden ist oder ob durch eine geringe Bestandesdichte, verursacht durch niedrige Düngung, diese Nahrung gut verfügbar wäre.

Der Basiswert stellt also den gravierendsten von sieben möglichen (Beeinflussungs)Wirkungen dar. Da jedoch bei Wertzahlen kleiner als "4" ("Populationsvernichtung", Tab. 5.4.4-3) die Gesamtanzahl an weiteren Störungen biotisch ebenfalls von Bedeutung ist, wurde versucht, den übrigen Werten einen bestimmten Anteil an der biotischen Gesamtwirkung des Verfahrens für den betrachteten Indikator zuzuordnen. Wenn also der gravierendste Eingriff nicht eine "Populationsvernichtung" zur Folge hat, sollte in die Abschätzung einfließen, welche weiteren Störungen erfolgen. Es wurde deshalb die Summe der restlichen sechs Einzelwirkungen, geteilt durch 20, gebildet. Dieser Wert wurde zum Basiswert summiert.

Indikatorbezogener Anbauverfahrenswert = Basiswert + (Summe der Restwerte/20)

Ableitung des Divisors („20“):

Die Größe des Divisors entstand aus der Überlegung heraus, dass die Restwirkung der verbleibenden Maßnahmengruppen selbst bei maximal möglicher Ausprägung lediglich zu einer Korrektur des Basiswertes, d.h. z.B. zu einer Einstufung als Gesamtwirkung in die nächst-schlechtere Wertstufe führen darf. Für den Fall, dass alle Maßnahmen lediglich Wirkungen auf einzelne Individuen oder Arten mit unerheblicher Populationsbeeinflussung haben (Wertstufe 1), sollte ein Maximalwert von ca. 1,3 nicht überschritten werden. Wenn alle sechs Maßnahmengruppen eine „deutliche Veränderung der Zönose“ verursachen (Stufe 3), dann muss davon ausgegangen werden, dass in der Gesamtwirkung fast eine „Totalveränderung der Zönose“ (Stufe 4) auftritt. Ein Divisor von 20 auf die Summe der Restwerte bildet diesen Sachverhalt am besten ab. Eine Mehrfachwirkung der Stufe 4 („Totale Zönoseveränderung“) kann dagegen in der Summe nur Stufe 4 bedeuten (d.h. ohne Korrektur).

Tab. 5.4.4-5: Beispiele zur Ableitung des Divisors für die Ermittlung der biotischen Restwirkung, des Gesamtwertes bzw. der Wertstufe für den Anbauverfahrenswert

Basiswert (alle Restwerte sind \leq dem Basiswert)	Summe der maximal möglichen Restwerte	Verwendeter Divisor auf die Summe der Restwerte	Gesamtwert (= Basis + korrigierter Restwert) und Wertstufe des Anbauverfahrenswertes
1	$6 * 1 = 6$	20	1,3 d.h. Stufe 1
2	$6 * 2 = 12$	20	2,6 d.h. Stufe 3

3	6 * 3= 18	20	3,9 d.h. Stufe 4
4	irrelevant	irrelevant	4

Beispiel: Im Anbauverfahren "Winterweizen intensiv" beträgt der indikatorbezogene Anbauverfahrenswert:

$$\begin{array}{l} \text{Maximalwert} = \text{Basiswert:} \quad 2,3 \\ \text{Summe der Restwerte}/20: \quad \underline{0,22} \\ \text{Anbauverfahrenswert:} \quad \mathbf{2,52} \quad (\text{gerundet: } 2,5) \end{array}$$

Der Indikator "Feldvögel" wird im Anbauverfahren "Winterweizen intensiv" mit einem gerundeten Anbauverfahrenswert von 2,5 beeinflusst, es erfolgt also eine starke Wirkung mindestens auf einzelne Arten, ihre Populationen werden z.T. erheblich beeinträchtigt.

5.4.5 Ableitung eines indikatorbezogenen Wertes zur aktuellen Biotopwirkung von Anbauverfahren

Die spezifische Lebensraumeignung eines Kulturpflanzenbestandes mit einem bestimmten Anbauverfahren für einen bestimmten Indikator wird durch seine *aktuelle Biotopwirkung* ausgedrückt.

Die berechneten Anbauverfahrenswerte wurden den nachfolgenden Klassen zugeordnet, wobei die Hauptgruppenbildung auf der Klassifikation in Tabelle 5.4.5-1 beruht.

Tab. 5.4.5-1: Klassen der Anbauverfahrenswerte, Beschreibung der biotischen Wirkungen und zugehörige Wertespannen

Klasse	Beschreibung der biotischen Wirkungen	Wertespanne
0	keine nachweisbaren Wirkungen	0 - 0,25
0,5	Zwischengruppe 0 – 1	> 0,25 - 0,75
1	Wirkungen nur auf einzelne Individuen/ Arten, unerhebliche Populationsbeeinflussung	> 0,75 - 1,25
1,5	Zwischengruppe 1 – 2	> 1,25 - 1,75
2	Wirkungen auf viele Individuen/ Arten, Populationsschwächung, Zönoseveränderungen, geringe	> 1,75 - 2,25
2,5	Zwischengruppe 2 -3	> 2,25 - 2,75
3	starke Wirkung auf Arten, Populationsbeeinträchtigung, deutliche Veränderungen	> 2,75 - 3,25

	der Zönose	
3,5	Zwischengruppe 3 – 4	> 3,25 - 3,75
4	populationsvernichtende Wirkung, drastische Veränderung der Zönose	> 3,75 - 4,0

Zur Ableitung des indikatorbezogenen, aktuellen Biotopwertes wurden die potenziellen Biotopwerte (Kap. 5.4.3) je Indikator mit den Klassen der Anbauverfahrenswerte (Kap. 5.4.4.4) dieses Indikators zu einem Gesamtwert verknüpft. Tab. 5.4.5-2 enthält die dazugehörige populations- bzw. zönosebasierte Verknüpfungsmatrix.

Tab. 5.4.5-2: Verknüpfungsmatrix zur Ableitung *aktueller Biotopwerte* anhand von potenziellen Biotopwerten und Anbauverfahrenswerten für Indikatoren

potenzieller Biotopwert	Klasse Anbauverfahrenswert								
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
1,0	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	4	5
1,5	1,5	1,75	2	2,25	2,5	3	3,5	4,25	5
2,0	2	2,25	2,5	2,75	3	3,5	4	4,5	5
2,5	2,5	2,75	3	3,25	3,5	4	4,25	4,5	5
3,0	3	3,25	3,5	3,75	4	4,25	4,5	4,75	5
3,5	3,5	3,75	4	4	4,25	4,5	4,75	5	5
4,0	4	4,25	4,5	4,5	4,5	4,75	5	5	5
4,5	4,5	4,5	4,5	4,75	4,75	5	5	5	5
5,0	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Beispiel: Der in obigen Berechnungen für Winterweizen -intensiv- ermittelte mittlere Anbauverfahrenswert beträgt 3,25. Er wird der Klasse 3 des Anbauverfahrenswertes zugeordnet. Der potenzielle Biotopwert für den Indikator "Feldvögel" beträgt für Winterweizen 2,0.

Der aktuelle Biotopwert wird daraus ermittelt, indem in der Verknüpfungsmatrix (Tab. 5.4.5-2) der auf dem potenziellen Biotopwert 2,0 (Zeilen) und dem Anbauwert 3,0 (Spalten) basierende Wert in der Zelle der sich dort kreuzenden Spalte und Zeile direkt abgelesen wird. Der aktuelle Biotopwert für den Indikator "Feldvögel" im Anbauverfahren Winterweizen -intensiv- beträgt demnach: 4.

Neben der Ermittlung der aktuellen Biotopwirkung (ABW) für die einzelnen Indikatoren wurde ein Gesamtwert der aktuellen Biotopwirkung einer Fruchtart oder einer bewirtschafteten Fläche (bzw. eines Betriebes) als Mittelwert über alle Indikatoren berechnet:

$$\text{MABW} = (\text{ABW}_{\text{SF}} + \text{ABW}_{\text{FV}} + \text{ABW}_{\text{FM}} + \text{ABW}_{\text{FH}} + \text{ABW}_{\text{LS}} + \text{ABW}_{\text{SWF}}) / 6$$

MABW = Mittlerer aktueller Biotopwert

(SF: Segetalflora; FV: Feldvögel; FM: Feldmäuse; FH: Feldhase; LS: Laufkäfer und Spinnen; SWF: Schwebfliegen)

Dieser mittlere Wert dient in den folgenden Darstellungen zumeist als Grundlage für die biozönotische Gesamtbewertung der Anbauverfahren und für ihren Vergleich.

5.4.6 Qualitative Beurteilung und Klassifizierung von Biotopwerten

Die *aktuellen Biotopwerte* sollen vor allem die Störungsintensität in Verbindung mit der spezifischen Sensibilität ausgewählter Indikatoren als Abstufungen der Lebensraumeignung von Ackerflächen ausweisen. Diese Werte befinden sich auf einer numerischen Skala. Sie zeigen Relationen zwischen den einzelnen Biotopwerten auf, können aber nur sehr wenig über die tatsächliche Qualität an Biotopeignung für die untersuchten Indikatoren im Verhältnis zu anzustrebenden Zuständen aussagen. Zahlenmäßige Veränderungen z. B. bei der Nutzung von transgenen Kulturpflanzen bedürfen auch einer qualitativen Wertung. Demzufolge ist es notwendig, Abstufungen vorzunehmen, die qualitativ nicht bedeutsame Veränderungen von bedeutsamen unterscheidbar machen. In Tab. 5.4.5-3 sind die hier verwendeten Klassen und deren qualitative Beschreibungen wiedergegeben.

Die Stufe „sehr gut“ beschreibt eine Biotopeignung von Fruchtarten, die oft selbst unter Extensivbedingungen des Kulturpflanzenanbaus nicht erreicht werden dürfte. Kontinuierliche Bodenbearbeitung durch Pflügen oder Unkrautbekämpfung durch Hacken oder Striegeln einschließlich der Ernte besitzen oftmals soviel Störungspotenzial, durch das schon allein deshalb schlechtere Einstufungen notwendig sind. Wenngleich diese Stufe als für Ackerflächen untypisch gelten dürfte, so können extrem störungsarme Offenlandbiotope, wie z. B. selbstbegrünte Brachen oder extensiv genutzte Trockenrasen, diese Einstufung besitzen.

Lebensgemeinschaften der Äcker, die eine stabile, charakteristische Artenzusammensetzung aufweisen, d.h. der Biotopeignungsstufe „gut“ zugehörig sind, können für den Natur- und Artenschutz in den Agrarflächen das anzustrebende Ziel sein. Aufgrund vielfältiger Bewirtschaftungsmaßnahmen, selbst in vergleichsweise extensiven Verfahren, wie dem Sommergetreideanbau im Ökologischen Landbau, sind erhebliche Beeinflussungen dieser Artengemeinschaften unvermeidbar. Der Erhalt von charakteristischen Offenlandarten, die zwar erheblichen Populationsschwankungen unterliegen können, dabei aber nicht von Vernichtung bedroht sind, stellt ein realistisches und auch sinnvolles Ziel für den Zustand der Lebensgemeinschaften auf Ackerflächen dar

Als „mäßig“ wird eine Stufe bezeichnet, die langfristig charakteristisches Leben im wesentlichen erhalten kann. Wenngleich in dieser Gruppe bereits einzelne sehr empfindliche Arten fehlen können, kann dennoch von einer mehr oder weniger typischen Ackergemeinschaft gesprochen werden. Die Gruppe „gut“ und bedingt die Gruppe „mäßig“

beschreiben damit aus biotischer Sicht zu akzeptierende Stufen der Biotopeignung von genutzten Flächen.

Die Stufe “unbefriedigend” beschreibt demgegenüber einen Zustand, der aus Sicht des jeweiligen Indikators als sehr ungeeignet gelten muss. Auch wenn noch vereinzelt Elemente aus der charakteristischen Lebensgemeinschaft angetroffen werden, stellen sich die aktuellen Lebensbedingungen in diesen Kulturen als ungeeignet für die Mehrzahl der ackertypischen Arten dar.

Die Stufe “problematisch” charakterisiert einen Zustand, der als Zwischengröße zu “gut/mäßig” und “unbefriedigend” Entwicklungstendenzen deutlich macht. Eine Veränderung von “gut/mäßig” zu “problematisch” beschreibt eine qualitative Veränderung in Richtung einer deutlichen Verschlechterung. Im umgekehrten Fall stellt die Veränderung von “unbefriedigend” zu “problematisch” eine eindeutig positive Entwicklung dar.

Tab. 5.4.6: Gruppierung von *aktuellen Biotopwerten* als Grundlage für den Nachweis qualitativer Veränderungen der Biotopqualität

Spanne der Biotopwerte	„Typ“	Beschreibung
1,0 ... 2,5	“sehr gut”	Die Ansprüche des Indikators werden vollständig befriedigt. Hauptsächlich stabile Populationen sind dadurch möglich. Die Zönose ist durch eine charakteristische Zusammensetzung des Artenspektrums der Ackerflächen des Naturraumes geprägt.
>2,5 ... 3,0	“gut”	Die Ansprüche des Indikators werden gut befriedigt. Die Populationsdynamik ist zwar Schwankungen unterworfen, die Gefahr der Populationsvernichtung besteht jedoch nicht. Die Zönose ist durch eine charakteristische Zusammensetzung des Artenspektrums der Ackerflächen des Naturraumes geprägt.
>3,0 ... 3,5	“befriedigend”	Die Ansprüche des Indikators werden größtenteils ausreichend befriedigt. Die Populationsdynamik ist größeren Schwankungen unterworfen. Die Gefahr der Populationsvernichtung besteht größtenteils nicht. Die Zönose besitzt hauptsächlich eine charakteristische Zusammensetzung des Artenspektrums der jeweiligen Ackerflächen des Naturraumes. Einzelne Charakterarten können jedoch fehlen.
>3,5 ... 4,0	“problematisch”	Die Ansprüche des Indikators werden zum Teil ausreichend, zum Teil nicht befriedigt. Die Populationsdynamik ist größeren Schwankungen unterworfen. Populationsvernichtung ist möglich. Die Zönose ist in ihrer Gesamtheit weniger durch eine charakteristische Zusammensetzung des Artenspektrums der jeweiligen Ackerflächen/ des Naturraumes geprägt. Vereinzelt treten Charakterarten auf.
> 4,0	“unbefriedigend”	Die Ansprüche des Indikators werden nicht befriedigt. Sehr instabile Populationen mit akuter Gefahr der Populationsvernichtung sind die Folge. Die Zönose besitzt keine charakteristische Zusammensetzung des Artenspektrums der jeweiligen Ackerflächen des Naturraumes. Charakterarten

		treten nur noch episodisch, größtenteils aber nicht mehr auf.
--	--	---

“Charakterarten” hier: Arten, die an die abiotischen und strukturellen Standortbedingungen von Ackerflächen gut angepasst sind und dort in der Regel unter historisch-extensiver Bewirtschaftung ihre Verbreitungsschwerpunkte besitzen bzw. besaßen (u.a. Indikatorarten und –gruppen wie oben, allgemein Steppen- und Offenlandarten)

5.4.7 Ergebnisdarstellung

5.4.7.1 Anbauverfahrenbezogener Vergleich transgener zu nicht transgenen Kulturpflanzen

Ein Ziel der vorliegenden Studie ist die Abschätzung der biotischen Wirkungen von Produktionsverfahren transgener Kulturpflanzen. Dabei steht vor allem der Vergleich mit den bisher üblichen Anbauverfahren nicht transgener Sorten im Mittelpunkt. Es wurden deshalb jeweils die aktuellen Biotopwerte beider Verfahren ermittelt. Grundlage dafür ist die Beschreibung landwirtschaftlicher Anbauverfahren von Eggenschwiler et al. (1999), die im Rahmen vorliegender Gesamtstudie erarbeitet wurden.

5.4.7.2 Szenarienrechnungen

Die oben dargestellte Methode zur Abschätzung der Biotopeignung von Kulturpflanzenbeständen bezieht sich auf einen Ackerschlag, respektive auf eine Fruchtart und das jeweilige Anbauverfahren einer Bewirtschaftungsweise. Geänderte Rahmenbedingungen der Produktion, wie zum Beispiel andere wirtschaftliche Vorzüglichkeiten der gentechnisch veränderten Kulturpflanzen oder neue agrarpolitische Bedingungen beeinflussen auch die Anbauumfänge der einzelnen Kulturpflanzen im Betrieb. Da sich somit ihr Anbauverhältnis auf der Betriebsfläche verändert, ist für verschiedene agrarpolitische Rahmenbedingungen auch die Betrachtung der biotischen Wirkungen neuer Produktionstechnologien auf Betriebs- bzw. Landschaftsebene und notwendig.

Aufgrund der Anbauumfänge der einzelnen Kulturpflanzen einschließlich ihres entsprechenden Anbauverfahrens wurde mit Hilfe des oben berechneten Gesamtwertes der Biotopwirkung ein flächengewichteter Mittelwert für die einzelnen Betriebstypen berechnet. Diese Größe ermöglicht den unmittelbaren Vergleich der einzelnen Elemente in den Szenarien.

Auf der Ebene der Betriebsvergleiche werden darüber hinaus auch die Werte für die jeweils am besten geeigneten Flächen berechnet (s. Kap. 5.5.2).

5.4.8 Vergleich der Bewertungsergebnisse mit Expertenschätzungen

Die vorliegende Bewertung der biotischen Wirkungen von Anbauverfahren wurde auf der Grundlage von Literaturkenntnissen und eigenen Erfahrungen vorgenommen. Da zahlenmäßig quantifizierbare Abhängigkeiten zwischen einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen und den Indikatoren im erforderlichen Detail nicht vorliegen, beruhen die vorliegenden Ergebnisse vornehmlich auf Schätzungen, deren Treffsicherheit zu validieren ist.

Es war deshalb ein wesentliches Anliegen der Autoren, die vorliegenden Ergebnisse durch unabhängige kompetente Gutachter prüfen zu lassen. Es wurden deshalb zwei Agrarökologen (Biologen) mit floristischem und faunistischem Schwerpunkt und jahrelangen Erfahrungen in der biologischen Feldarbeit in Agrarlandschaften in die Validierung einbezogen.

Ihnen wurde die Aufgabe gestellt, für die einbezogenen Indikatoren die (aktuelle) Biotopeignung von Fruchtarten in unterschiedlichen Anbauverfahren aus ihrer Sicht zu

beurteilen. Sie sollten ihre Schätzung für Standorte mit einer mittleren bis guten Produktionseignung vornehmen.

Den Experten wurden für ausgewählte Fruchtarten verschiedene Anbauverfahren, bestehend aus allen Bewirtschaftungsmaßnahmen (Termin und Ausprägung), vorgegeben (siehe Tab. 5.4.8). Dabei wurde ausdrücklich vermieden, von der Produktionsrichtung "konventionell", "integriert" oder "biologisch" zu sprechen, um nicht Voreingenommenheiten zu provozieren.

Die befragten Experten vergaben für jeden Indikator eine integrative Maßzahl in der Abstufung von 1-5 (siehe Tab. 5.4.2). Diesen beiden Werten je Indikator wurde der Mittelwert zu den eigenen Berechnungen gegenübergestellt. Die Höhe der Abweichung der Expertenschätzungen zur eigenen Berechnung wurde als Maß für die Güte bzw. die Sicherheit der Bewertung herangezogen.

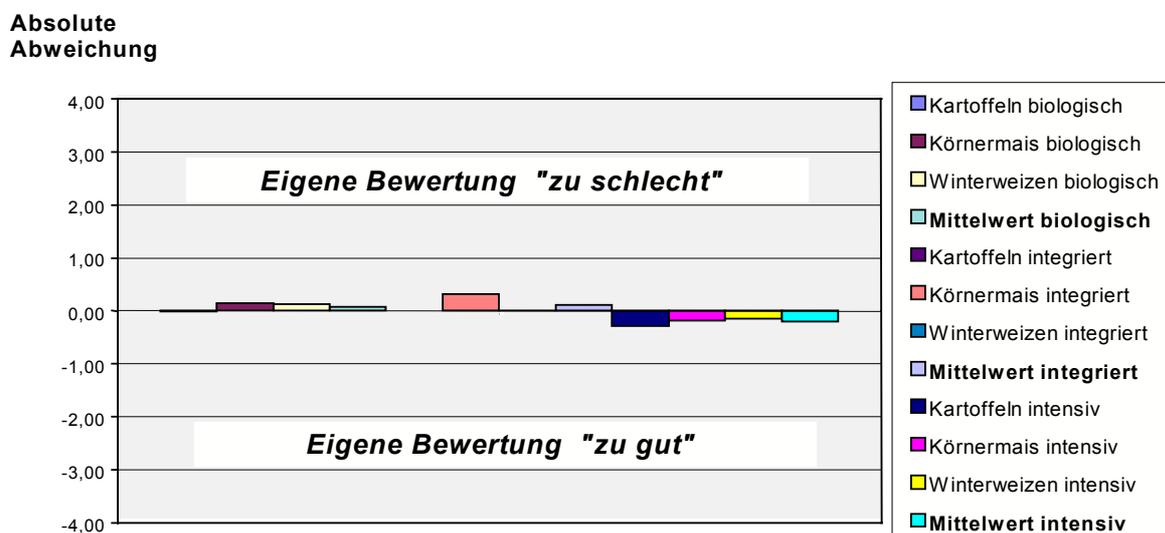


Abb. 5.4.8: Abweichung eigener Bewertungen zu Expertenschätzungen, Basis: Aktueller Biotopwert

Wie die Darstellung in Abbildung 5.4.8 verdeutlicht, stimmen die eigenen Berechnungen sehr gut mit der Expertenmeinung überein. Während in der Tendenz nach Meinung der Experten die Verfahren des konventionellen Anbaus durch vorliegenden Ansatz etwas zu gut bewertet werden, wird der ökologische Anbau geringfügig zu schlecht bewertet. Da die absoluten Abweichungen im Mittel jedoch weniger als 0,3 Stufen ausmachen, können die in der Studie vorgenommenen Bewertungen und vor allem die nachfolgend dargestellten Ergebnisse als kongruent zur Einschätzung unabhängiger Experten bezeichnet werden.

Tab. 5.4.8:

Vorgaben für die Experteneinschätzung hinsichtlich der Auswirkungen von Anbauverfahren auf biotische Zustände der Agrarökosysteme (Bewirtschaftungsweise wurden nicht mitgeteilt)

Fruchtart	Bewirtschaftungsweise ¹⁾	Bewirtschaftungsmaßnahmen	Termin	
Körnermais	integriert	Saatfurche	M IV	
		Eggen+Säen	M IV-A V	
		3* min. N-Dgg.	A V+A VI+E VI	
		0,8* Herbizid + 2* Hacken	A V+A VI+E VI/A VII	
		1* Insektizid	A -M VI	
		Ernte (Pflücken)	M X	
	konventionell	Saatfurche	M III	
		Eggen+Säen	M IV-A V	
		2* min. N-Dgg.	A V+A VI	
		2* Herbizid	M V+M VI	
		2* Insektizid	M V+M VI	
		Ernte (Pflücken)	M X	
	biologisch	Saatfurche	M IV	
		Eggen+Säen	M IV-A V	
		Stallmist + 1* Gülle/ Jauche	A V+A VI	
		2* Striegeln+1* Hacken	A V+M V+A VI	
		Ernte (Pflücken)	M X	
Kartoffeln	konventionell	Saatfurche	E III	
		Eggen+Legen	A IV	
		2* min. N-Düngung	A /M IV+M V	
		1* Herbizid + 1* Hacken	A IV+A V	
		3* Insektizid	M VI+E VI+M VII	
		7* Fungizid	A V+M V+A VI+M VI+A VII+M VII+A VIII	
		Kraut chem. Abtöten und Roden	M VIII+A/M IX	
	biologisch	Saatfurche	E III	
		Eggen+Legen	A IV	
		Stallmist + 1* Gülle/ Jauche	E III/A IV+M V	
		1*Striegeln + 2* Hacken	A IV+A V	
		Novodor	M /E VI	
		Kraut abschlegeln und Roden	M VIII+A/M IX	
	integriert	Saatfurche	E III	
		Eggen+Legen	A IV	
		2* min. N-Düngung	A/M IV+M V	
		1*Herbizid+1*Striegeln+2*Hacken	A IV+A V+M V+A VI	
		2* Insektizid	M VI+A/M VII	
		5* Fungizid	A/M V+E V+M/E VI+M VII+A VIII	
		Kraut abschlegeln und Roden	A/M IX+A/M IX	
	Winterweizen	biologisch	Saatfurche	E IX/A X
			Eggen+Säen	A X
			2* Gülle/ Jauche	M/E III+M /E IV
			2* Striegeln	M/E III+E IV/A V
Mähdrusch			M VIII	
(kein Insektizid)				
integriert		Saatfurche	E IX/A X	
		Eggen+Säen	A X	
		2* min. N-Düngung	M/E III+M/E IV	
		1* Herbizid	E III/A IV	
		Mähdrusch	M VIII	
		(kein Insektizid)		
konventionell		Saatfurche	E IX/A X	
		Eggen+Säen	A X	
		2* min. N-Düngung	M/E III+M/E IV	
		2* Herbizid	M III+E IV	
	2* Fungizid	M V+E VI		
	Mähdrusch	M VIII		
	(kein Insektizid)			

5.5 Ergebnisse und Diskussion

5.5.1 Vergleich von Anbauverfahren transgener bzw. nicht transgener Kulturpflanzen

5.5.1.1 Herbizidtoleranz

Herbizidtolerante Kulturpflanzenarten werden bei Mais, Zuckerrüben und Winterraps erwartet. Der Anbau dieser Sorten ist in konventionell und integriert wirtschaftenden Betrieben denkbar, in biologisch wirtschaftenden Betrieben dagegen nicht. Die Veränderungen der Anbauverfahren von herbizidtoleranten zu nicht herbizidtoleranten Kulturpflanzen beschränken sich allgemein auf die Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung. Aus pflanzenbaulicher Sicht bietet diese Toleranz die Möglichkeit, die Herbizidapplikation zeitlich flexibler in das jeweilige Verfahren integrieren zu können und damit in Abhängigkeit von der aktuellen Verunkrautung (fast jederzeit) reagieren zu können. Diese Flexibilität und der mehr oder weniger starke Totalherbizidcharakter der eingesetzten Mittel führen, so wird im Rahmen dieser Studie unterstellt, zu einem besseren Bekämpfungserfolg von Unkräutern und Ungräsern. Wenngleich z.B. einzelnen Applikationen der Totalherbizide eine ausreichend langfristige Bekämpfungswirkung fehlt, wird deutlich, dass die jederzeit möglichen Korrekturen einen hohen Bekämpfungserfolg sichern können.

Vor allem im Anbau von herbizidtoleranten Maissorten wird angenommen, dass statt der bisher einmalig zur Saat durchgeführten Behandlung von Unkräutern im Voraufbauverfahren mindestens zwei Applikationen mit Totalherbiziden die Regel darstellen werden (Bersenyi et al. 1998; Pallut und Hommel 1998). Wird ein solch optimiertes Unkrautbekämpfungsmanagement angewendet, so ist im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren tatsächlich ein besserer Bekämpfungserfolg zu sichern (Ulrich und Becker 1998).

Einen Vergleich der mittleren Biotopwerte zwischen toleranten und nicht toleranten Kulturpflanzen für die beiden Anbauformen "intensiv" und "integriert" ist in Tabelle 5.5.1-1 dargestellt.

5.5.1.1.1 Zuckerrüben

Die aktuellen Biotopwerte für Zuckerrüben betragen im Mittel über alle Indikatoren zwischen 4,2 bis 4,6. Der Vergleich der Biotopwerte der herbizidtoleranten mit den nicht toleranten Zuckerrüben macht deutlich, dass innerhalb des konventionellen Verfahrens kein Unterschied hinsichtlich der biotischen Gesamtwirkungen anzunehmen ist. Der mittlere Biotopwert dieser Verfahren beträgt 4,6. Reaktionen einzelner Indikatoren auf das veränderte Anbauverfahren sind bei diesen schlechten Biotopwerten nicht zu erwarten.

Im integrierten Verfahren ist demgegenüber für den mittleren aktuellen Biotopwert eine zahlenmäßige Erhöhung (d.h. Verschlechterung) um etwa 0,3 der berechneten Biotopwerte der gentechnisch veränderten Zuckerrüben im Vergleich zur unbehandelten Kultur zu verzeichnen. Die Segetalarten sowie die Artengruppen, die primär von der Unkrautflora auf den Äckern abhängig sind, indizieren dementsprechend ebenfalls eine Verschlechterung ihrer Lebensbedingungen. Für solche Arten wie Feldvögel, Feldhasen und Schwebfliegen verschlechtert sich der Biotopwert von Zuckerrüben um jeweils 0,5.

Tab. 5.5.1-1: Aktuelle Biotopwerte herbizidtoleranter und nicht toleranter Kulturpflanzen für ausgewählte Indikatorgruppen

Fruchtart	Bewirtschaftungsweise	HT ¹⁾	Aktueller Biotopwert						
			Segetal flora	Feldvögel	Feldmäuse	Feldhasen	Laufkäfer Spinnen	Schwebfliegen	MABW ²⁾
<i>Zuckerrüben</i>	<i>konventionell</i>	ohne	5,00	5,00	3,00	5,00	4,50	5,00	4,58
		mit	5,00	5,00	3,00	5,00	4,50	5,00	4,58
	<i>integriert</i>	ohne	4,50	4,50	3,00	4,50	4,50	4,50	4,25
		mit	5,00	5,00	3,00	5,00	4,50	5,00	4,58
<i>Winterraps</i>	<i>konventionell</i>	ohne	4,50	4,00	3,50	3,50	4,00	4,50	4,00
		mit	4,50	4,00	3,50	3,50	4,00	4,50	4,00
	<i>integriert</i>	ohne	4,25	4,00	2,75	3,00	4,00	4,50	3,75
		mit	4,50	4,00	2,75	3,50	4,00	4,50	3,88
<i>Silomais</i>	<i>konventionell</i>	ohne	4,25	4,00	3,50	3,50	3,00	4,25	3,75
		mit	4,50	4,00	3,50	3,75	3,25	4,50	3,92
	<i>integriert</i>	ohne	4,25	4,25	3,50	4,25	3,00	4,25	3,92
		mit	4,50	4,25	3,50	4,50	3,25	4,50	4,08
<i>Körnermais</i>	<i>konventionell</i>	ohne	4,50	4,50	3,50	4,00	5,00	5,00	4,42
		mit	5,00	4,50	3,50	4,00	5,00	5,00	4,50
	<i>integriert</i>	ohne	4,25	4,75	3,50	4,25	4,50	4,50	4,29
		mit	5,00	5,00	3,50	5,00	5,00	5,00	4,75

¹⁾ HT ... Herbizidtoleranz der Fruchtart; ²⁾MABW ... mittlerer aktueller Biotopwert

Verursacht wird diese Bewertung beider Verfahren vor allem durch die bereits intensive Unkrautbekämpfung bei nicht transgen herbizidtoleranten Sorten, die aus einer Reihe von chemischen und zum Teil mechanischen Einzelmaßnahmen besteht. Bei der Bewertung des veränderten Herbizideinsatzes bei Anbau toleranter Sorten wird unterstellt, dass der Bekämpfungserfolg einer dreimaligen Herbizidapplikation im konventionellen Verfahren dem des reduzierten Aufwandes im herbizidtolerant-konventionellen Verfahren entspricht. Demzufolge wurde die biotische Wirkung des Einsatzes von herbizidtoleranten Zuckerrüben im konventionellen Verfahren als gleichwertig beurteilt.

Die Reduzierung der Anzahl der Herbizidapplikationen um eine Anwendung im integrierten Anbau erhöht im Vergleich zum konventionellen Verfahren die Chance etwas, Unkräuter im Bestand zu erhalten. Deshalb wird der integrierte Anbau ohne gentechnisch veränderte Kulturpflanzen tendenziell besser bewertet als der konventionelle. Die Applikation eines Totalherbizides zu herbizidtoleranten Zuckerrüben verursacht einen besseren Bekämpfungserfolg von Unkrautarten, vor allem auch von Problemunkräutern. Demzufolge

verschlechtert sich im integrierten Verfahren mit herbizidtoleranten Zuckerrüben deren Lebensraumeignung auf das Niveau des konventionellen Anbaus. Der geringe Trend zur Verbesserung der Biotopeignung von Zuckerrüben durch Nutzung eines integrierten Verfahrens wird demnach durch den Einsatz von herbizidtoleranten Zuckerrüben wieder aufgehoben.

Bedeutend für die Diskussion der biotischen Effekte unterschiedlicher Anbauverfahren von Zuckerrüben ist jedoch vor allem die Situation, dass jegliche Veränderung des Biotoppotenzials von Zuckerrüben von einem Ausgangsniveau im Zahlenbereich von größer als 4,0 erfolgen muss. Zuckerrüben sind damit als Lebensraum für die meisten Ackerzönosen weitgehend ungeeignet. Tatsächliche qualitative Veränderungen können demnach kaum erwartet werden. Es wurden somit lediglich tendenzielle Effekte der veränderten Anbauverfahren von Zuckerrüben nachgewiesen, die vermutlich aus Sicht der Indikatoren von sehr geringer Relevanz sind. Die allgemein hohe Intensität aller Verfahren ist der Grund für diese vergleichsweise schlechte Einstufung.

5.5.1.1.2 Winterraps

Die Nutzung von herbizidtolerantem Winterraps bei intensivem Anbau führt im Vergleich zum Verfahren ohne Toleranz zu einer Reduzierung der Applikationshäufigkeit von Herbiziden von zwei auf 1,3. Ähnlich wie bei Zuckerrüben wird unterstellt, dass der Einsatz von Totalherbiziden einen besseren Bekämpfungserfolg sichert, als es die Nutzung selektiv wirkender Raps-Herbizide ermöglichen kann. Es wird demzufolge davon ausgegangen, dass die Reduzierung der Anwendungshäufigkeit durch den besseren Bekämpfungserfolg mindestens ausgeglichen wird. Aus Sicht der Biotopwirkung bedeutet das, dass mindestens vergleichbare biotische Effekte zu verzeichnen sind. Der konventionell erzeugte Raps wird deshalb für beide Verfahren mit 4,0 bewertet.

Im integrierten Verfahren erfolgt lediglich eine Herbizidapplikation zu nicht-toleranten Sorten. Zu herbizidtolerantem Winterraps wird 1,3 mal ein Totalherbizid angewendet. Neben dieser Erhöhung wird ein bekämpfungssichereres Herbizid eingesetzt. Der aktuelle Biotopwert von integriert erzeugtem Winterraps erhöht sich deshalb bei Nutzung von herbizidtolerantem Winterraps von 3,7 auf 3,9. Verschlechtert werden die Bedingungen vor allem für die Segetalflora, aber auch für einige damit im Zusammenhang stehende Faunenelemente, wie z. B. Schwebfliegen oder Feldhasen.

Ähnlich wie bei Zuckerrüben bleibt auch bei dieser Fruchtart zu bedenken, dass sie aktuell vor allem im konventionellen Anbau bereits ein geringes Maß an Biotopeignung besitzt, das durch die Nutzung toleranter Kulturpflanzen nicht oder nur geringfügig verschlechtert wird. Die Biotopeignung des konventionell erzeugten Raps verbleibt auf dem Schwellenwert zwischen "unbefriedigend" und "problematisch". Der integriert erzeugte Winterraps wird weiterhin als "problematisch" eingestuft. Die Nutzung der herbizidtoleranten Kultur verursacht demzufolge eine tendenzielle Verschlechterung, die nur eine sehr geringe biotische Relevanz besitzt.

5.5.1.1.3 Silomais

Durch die Herbizidtoleranz von Silomais ist es möglich, Selektivherbizide durch Totalherbizide zu ersetzen und diese zeitlich flexibler einzusetzen. Sowohl im konventionellen als auch im integrierten Anbau wird eine zusätzliche Applikation von Totalherbiziden in einem von drei Jahren kalkuliert. Dabei muss davon ausgegangen werden, dass dies in beiden Anbauformen negative Effekte auf die biotische Situation hat, deshalb werden in beiden Verfahren die errechneten aktuellen Biotopwerte zahlenmäßig erhöht. Effekte auf Feldhasen, Laufkäfer und Spinnen sowie auf Schwebfliegen treten auf.

Im konventionellen Verfahren wird der mittlere aktuelle Biotopwert von 3,7 auf 3,9 verschlechtert. Der bessere Bekämpfungserfolg von Unkräutern verursacht diese Einstufung. Eine tatsächlich qualitative Wirksamkeit ist aus den vorliegenden Ergebnissen jedoch nicht ablesbar. Die biotische Gesamtwirkung wird weiterhin mit „problematisch“ bewertet. Die Einstufungen der einzelnen Indikatoren ändern sich ebenfalls nicht.

Das integrierte Verfahren wird im Vergleich zum konventionellen tendenziell schlechter bewertet, denn neben der Herbizidapplikation wird eine mechanische Unkrautbekämpfung durchgeführt. Die biotische Gesamtwirkung verschlechtert sich bei der Nutzung von herbizidtolerantem Silomais von 3,9 auf 4,1. Verursacht wird dieses vor allem durch den besseren Bekämpfungserfolg von Unkräutern und die entsprechenden Auswirkungen auf die davon abhängigen Indikatoren.

5.5.1.1.4 Körnermais

Zur Unkrautbekämpfung im konventionellen Normalverfahren werden zwei Herbizidapplikationen durchgeführt. Im integrierten Verfahren werden 0,8 jährliche Herbizidanwendungen mit zweimal Hacken kombiniert.

Ähnlich wie bei Silomais ermöglicht die Nutzung von herbizidtolerantem Körnermais einen besseren Bekämpfungserfolg durch Totalherbizide und flexiblere Applikationstermine. Einheitlich werden sowohl im integrierten als auch im konventionellen Verfahren mit herbizidtolerantem Körnermais 2,3 Applikationen von Totalherbiziden durchgeführt.

Für die Biotopeignung bedeutet dies in jedem Fall eine zahlenmäßige Erhöhung, also eine Verschlechterung der aktuellen Biotopwerte. Vor allem im integrierten Verfahren wird der Biotopwert deutlich von 4,3 auf 4,7 und im konventionellen Verfahren von 4,4 auf 4,5 erhöht.

Der in beiden Verfahren mit gentechnisch induzierter Herbizidtoleranz auftretende hohe Bekämpfungserfolg von Unkräutern verursacht in Kombination mit den üblichen Insektizidbehandlungen und der teilweise durchgeführten mechanischen Unkrautbekämpfung eine geringe Biotopeignung vor allem bei Schwebfliegen, Laufkäfern, Feldhasen und Feldvögeln.

Alle ermittelten Veränderungen erfolgen jedoch oberhalb eines Niveaus von 4,0, also in der Gruppe „unbefriedigend“. Dies deutet darauf hin, dass trotz der deutlichen Erhöhung der errechneten Biotopwerte (vor allem im integrierten Verfahren) keine qualitativ bedeutsame Verschlechterung der Biotopwirkung auftritt. Auch an dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass das gegenwärtig übliche, bereits hoch intensive Verfahren des Körnermaisbaus diese Einstufung verursacht.

5.5.1.2 Insektenresistenz

Im zugrundegelegten Betriebsmodell werden transgen induzierte Insektenresistenzen bei Silo- und Körnermais sowie bei Kartoffeln in den drei Anbauformen intensiv, integriert und biologisch genutzt. Generell gilt, dass bei Resistenzen gegenüber den dort auftretenden entomofaunistischen Schädlingen weniger Insektizide eingesetzt werden müssen.

Die biotische Wirkung der Anbauverfahren der insektenresistenten Fruchtarten Silo- und Körnermais sowie Kartoffeln sind in Abhängigkeit von den Anbauformen in Tabelle 5.5.1-2 dargestellt.

Tab. 5.5.1-2: Aktuelle Biotopwerte insektenresistenter und nicht resistenter Kulturpflanzensorten für die Indikatoren

Fruchtart	Bewirtschaftungsweise	HT ¹⁾	Aktueller Biotopwert						
			Segetalflora	Feldvögel	Feldmäuse	Feldhasen	Laufkäfer, Spinnen	Schwebfliegen	MABW ²⁾
Silo- mais	konventionell	ohne	4,25	4,00	3,50	3,50	3,00	4,25	3,75
		mit	4,25	4,00	3,50	3,50	3,00	4,25	3,75
	integriert	ohne	4,25	4,25	3,50	4,25	3,00	4,25	3,92
		mit	4,25	4,25	3,50	4,25	3,00	4,25	3,92
	biologisch	ohne	3,25	4,50	3,50	4,00	2,75	3,25	3,54
		mit	3,25	4,50	3,50	4,00	2,75	3,25	3,54
Körner- mais	konventionell	ohne	4,50	4,50	3,50	4,00	5,00	5,00	4,42
		mit	4,25	4,00	3,50	3,75	3,00	4,25	3,79
	integriert	ohne	4,25	4,75	3,50	4,25	4,50	4,50	4,29
		mit	4,25	4,75	3,50	4,25	3,00	4,50	4,04
	biologisch	ohne	3,25	4,50	3,50	4,00	2,75	3,25	3,54
		mit	3,25	4,50	3,50	4,00	2,75	3,25	3,54
Kartoffeln	konventionell	ohne	4,50	4,25	4,00	4,25	5,00	5,00	4,50
		mit	4,00	4,00	4,00	4,25	3,25	4,00	3,92
	integriert	ohne	4,50	5,00	4,00	4,50	5,00	5,00	4,67
		mit	4,50	4,50	4,00	4,25	3,25	4,50	4,17
	biologisch	ohne	3,00	4,50	4,00	4,00	3,25	3,00	3,63
		mit	3,00	4,50	4,00	4,00	3,25	3,00	3,63

¹⁾ HT ... Herbizidtoleranz

²⁾ MABW ... mittlerer aktueller Biotopwert

5.5.1.2.1 Silomais

Aufgrund der eher lokalen Bedeutung von Zünslerbefall, der Schwierigkeiten gezielter Insektizidwirkung und der übrigen Bekämpfungsmöglichkeiten (Bodenbearbeitung) wird in der vorliegenden Studie bei Silomaisanbau einheitlich in allen Bewirtschaftungsweisen im Verfahren ohne Insektenresistenz auf Insektizidapplikationen verzichtet. Die Nutzung von insektenresistentem Silomais führt deshalb lediglich zu einer Steigerung der Erträge um bis zu 5 % (Eggenschwiler et al. 1999), nicht aber zu Veränderungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen innerhalb der Anbauverfahren.

Aufgrund der fehlenden Veränderungen in den resistenten und nicht resistenten Anbauverfahren ist davon auszugehen, dass keine Effekte im Sinne einer Veränderung der aktuellen Biotopeignung von Silomais auftreten. Die mittleren aktuellen Biotopwerte von resistentem Silomais sind deshalb mit denen des Ausgangsverfahrens identisch. Die über alle Anbauformen mehr oder weniger einheitliche Zuordnung zur Gruppe "problematisch" bleibt erhalten.

5.5.1.2.2 Körnermais

Zur Sicherung des Körnermaisertrages in Menge und Qualität werden sowohl im konventionellen als auch im integrierten Anbauverfahren mit nicht resistenten Sorten Zünslerbekämpfungen mittels geeigneter Insektizide durchgeführt, und zwar zwei Applikationen im konventionellen und eine Anwendung im integrierten. Der biologische Anbau setzt Schlupfwespen ("Trichogramma") in einer Anwendung zur Bekämpfung dieses Schädling ein

Die gentechnisch induzierte Insektenresistenz bewirkt, dass generell in allen Anbauformen von Körnermais auf die Applikation von Insektiziden bzw. Schlupfwespen verzichtet wird.

Da Insektiziden eine allgemein hohe biozönosebeeinträchtigende Wirkung zugesprochen wird, sind durch den Verzicht vergleichsweise starke Effekte der Veränderung der biotischen Situation zu verzeichnen, wobei die stärksten im konventionellen Verfahren auftreten. Hier wird durch Insektenresistenz der mittlere aktuelle Biotopwert des nichtresistenten Körnermais von 4,4 auf 3,8 reduziert, also qualitativ verbessert. Der aktuelle Biotopwert des integriert erzeugten Körnermais verringert sich von 4,3 auf 4,0. Aufgrund der hauptsächlich selektiven Bekämpfungswirkung von Trichogramma gegenüber Maiszünslerlarven und den geringen Nebenwirkungen auf die Biozönose verändert sich der aktuelle Biotopwert im biologischen Anbau von zünslerresistentem zu nicht resistentem Körnermais nicht. Er bleibt auf einem Niveau von 3,5.

Exkurs "Trichogramma zur Zünslerbekämpfung"

Schlupfwespen (Trichogramma brassicae) werden zur biologischen Bekämpfung von Zünslerlarven eingesetzt. Diese Form der Schädlingsbekämpfung wird vor allem in biologischen Anbauverfahren genutzt. Schlupfwespen parasitieren bevorzugt Lepidopteren, wobei sie keine hohe Wirtsspezifität besitzen. Die Bekämpfung von Maiszünslern mittels Schlupfwespen kann Sekundärwirkungen auf die Ackerzönose, z.B. auf eine Tachine (Lydella thompsonii) haben. So können sie potenziell Teile der Agrarbiozönose beeinflussen, die durch die hier betrachteten Indikatoren nicht erfasst sind. Weitere Effekte über Nahrungsketten, z.B. den Nahrungsbedarf von Feldvögeln betreffend, sind innerhalb dieser Bewertung nicht abbildbar.

Bei den hier untersuchten Indikatoren wird allerdings unterstellt, dass der Einsatz von Trichogramma im Wesentlichen keine nachteiligen Wirkungen auf die Ackerbiozönose verursacht. Deshalb werden die Biotopwerte im biologischen Verfahren mit und ohne Insektizidresistenz gleich bewertet.

Deutliche Effekte einer Veränderung der biotischen Situation sind lediglich bei der Nutzung von insektenresistentem Körnermais in konventionellen Anbauverfahren zu erwarten. Aufgrund des kompletten Wegfalls der zwei Insektizidapplikationen wird eine Veränderung der Biotopeignungsstufe von "unbefriedigend" zu "problematisch" erreicht. Die biotische Wirkung von konventionell erzeugtem Körnermais ist demnach vergleichbar mit der des Anbaus von Silomais, bei dem generell auf den Einsatz von Insektiziden verzichtet wird.

Für die integrierte Anbauform wird deutlich, dass Körnermais bei Nutzung der insektenresistenten Form trotz des Verzichtes einer einmaligen Anwendung von Insektiziden weiterhin in der Gruppe "unbefriedigend" verbleibt. Es wird demnach keine qualitativ wirksame Veränderung der Biotopwirkung erreicht. Verursacht wird diese Einstufung vor allem durch das fehlende Einsparungspotenzial nur einer Insektizidapplikation und der allgemein hohen Intensität sonstiger Bewirtschaftungsmaßnahmen, u.a. die dreimalige Stickstoffapplikation sowie die ergänzend zur chemischen Unkrautbekämpfung durchgeführten mechanischen Regulierungsmaßnahmen.

5.5.1.2.3 Kartoffeln

Im konventionellen sowie im integrierten Anbau werden zu nichtresistenten Kartoffeln drei bzw. zwei Insektizidapplikationen zur Bekämpfung der Kartoffelkäferlarven durchgeführt. Im biologischen Anbau erfolgen in der Regel eine oder mehrere Applikation(en) von einem Präparat auf Basis von *Bacillus thuringiensis* (Bt) ssp. *tenebrionis*. Bei Anbau von transgen insektenresistenten Kartoffeln wird in allen drei Anbauformen vollständig auf Insektizide bzw. auf Bt-Präparate verzichtet.

Sowohl im konventionellen als auch im integrierten Anbauverfahren führt die Nutzung von insektenresistenten Sorten zu zahlenmäßig verringerten Biotopwerten, also zu einer besseren Biotopeignung. Im konventionellen Anbau wird durch den Verzicht auf die Anwendung von Insektiziden der Biotopwert von 4,5 auf 3,92 verbessert. Die aktuellen Biotopwerte des integrierten Verfahrens reduzieren sich beim Anbau von insektenresistenten Kartoffeln von 4,7 auf 4,2.

Ähnlich wie bei Körnermais wird durch den Verzicht auf Insektizide der mittlere aktuelle Biotopwert von Kartoffeln durch den Anbau von resistenten Sorten verbessert. Es bleibt aber auch in diesem Fall festzustellen, dass eine tatsächlich qualitative Verbesserung am ehesten im konventionellen Verfahren zu erwarten ist. Hier beschreibt der mittlere Biotopwert beim Verfahren ohne Resistenz eine Zugehörigkeit zur Gruppe "unbefriedigend". Das Anbauverfahren bei Nutzung gentechnisch veränderter Sorten führt zu einer Einstufung als "problematisch".

Im integrierten Anbau von transgenen Kartoffelsorten ist anzunehmen, dass trotz des Wegfalls der Insektizidapplikationen keine qualitativ wirksame Verbesserung der biotischen Situation erreicht werden kann. Die Kultur wird aufgrund der errechneten Biotopwerte in beiden Fällen als "unbefriedigend" eingestuft. Ähnlich wie beim Körnermaisbau führt die insgesamt hohe Anzahl an Bewirtschaftungsmaßnahmen und deren gravierende Wirkung auf die Biozönose zu dieser Einstufung.

Im biologischen Anbau bleibt der Biotopwert auf dem Niveau von 3,6, sowohl im Anbau von nichtresistenten als auch resistenten Kartoffelsorten. Der Anbau von Kartoffeln im ökologischen Landbau wird in beiden Fällen als "problematisch" aus Sicht des Biotopwertes

betrachtet. Aufgrund der sehr spezifisch schädlingsbezogenen Wirkung von *Bacillus thuringiensis* ssp. *tenebrionis* kann von keiner qualitativen Verbesserung nach Weglassen des Präparates ausgegangen werden.

Exkurs " Einsatz von Bacillus thuringiensis- (Bt-)Präparaten im biologischen Anbau"

Den gebräuchlichen synthetischen Insektiziden wird oft eine Breitenwirkung zugesprochen, sodass deren Applikationen erhebliche Eingriffe in die Biozönose von Agrarlandschaften darstellen. Biologische Schädlingsbekämpfungsmöglichkeiten werden diesbezüglich als günstiger beurteilt.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes war es notwendig abzuklären, ob solche Form des biologischen Pflanzenschutzes Effekte auf die genutzten Indikatoren haben kann und ob sie damit eine relevante Größe für die Bewertung der biotischen Wirkungen darstellt.

Präparate auf der Basis von Bacillus thuringiensis (u.a. Produkt NOVODOR) werden für die Bekämpfung von Kartoffelkäferlarven (Leptinotarsa decemlineata) eingesetzt. Bei der Berücksichtigung ihrer Wirksamkeit auf die Ackerbiozönose sind folgende Kriterien von Bedeutung:

- 1. Nur ein spezifischer Stamm (B.t. tenebrionis) ist für die Bekämpfung von Kartoffelkäferlarven nutzbar. Dieser Stamm hat ausschließlich insektizide Wirkung auf Käfer der Familie Chrysomelidae.*
- 2. Sein Bekämpfungsspektrum umfasst nach gegenwärtigem Kenntnisstand vor allem Blattkäfer an Erlen (Agelastica alni an Alnus spec.), Schneeball (Galerucella viburni an Viburnum spec.) und Weiden.*
- 3. Die toxische Wirkung des Präparates setzt erst dann ein, wenn es durch aktive Nahrungsaufnahme bzw. den Verzehr von Pflanzensubstanz durch den Organismus aufgenommen wird.*
- 4. B.t.-Präparate zur Kartoffelkäferbekämpfung haben eine toxische Wirksamkeit, die allgemein nicht länger als eine Woche andauert.*

So kann festgestellt werden, dass zwar Negativwirkungen des Einsatzes von Bt-Präparaten auf die Biozönose von Agrarlandschaften generell möglich sind, dass diese jedoch für die betrachteten Indikatoren nach gegenwärtigem Erkenntnisstand ohne Relevanz zu sein scheinen. Wenngleich das beschriebene Wirtspflanzenspektrum oft Bestandteil von Agrarlandschaften ist, so kommen diese Pflanzen allgemein nicht innerhalb von Ackerschlägen vor. Bei sachgerechter Applikation dürften keine stärkeren biotischen Effekte zu erwarten sein.

An einer artenreichen Segetalflora ist ein großes Spektrum an Blattkäfern (Chrysomelidae, Familie der Kartoffelkäfer) zu finden. Heydemann (1983) spricht von mindestens 39 Arten. Diese Arten sind potenziell durch B.t.t.-Präparate gefährdet. Da diese Tiergruppe jedoch nicht mit zum betrachteten Indikatorenspektrum zählt, nimmt sie keinen Einfluss auf die hier ermittelte Biotopwirkung.

5.5.1.3 Pilzresistenz

Transgen braunrostresistenter Winterweizen und phytophthora resistente Kartoffeln werden möglicherweise im konventionellen, integrierten und biologischen Landbau eingeführt. Im Rahmen der untersuchten Anbauverfahren bewirken diese Resistenzen, dass die Anzahl an Fungizidapplikationen reduziert werden bzw. gänzlich wegfallen. Andere Bewirtschaftungsmaßnahmen innerhalb der Anbauverfahren werden durch die Änderungen der Pilzbekämpfung nicht modifiziert.

Die Biotopeignungswerte von diesen und den nicht transgenen Sorten werden in Tabelle 5.5.1-3 dargestellt.

Tab. 5.5.1-3: Aktuelle Biotopwerte pilzresistenter und nicht resistenter Fruchtarten für ausgewählte Indikatoren in verschiedenen Anbauformen

Fruchtart	Bewirtschaftungsweise	HT ¹⁾	Aktueller Biotopwert						
			Segetalflora	Feldvögel	Feldmäuse	Feldhasen	Laufkäfer, Spinnen	Schwebfliegen	MABW ²⁾
Winterweizen	konventionell	ohne	4,50	3,50	3,50	3,00	2,50	4,50	3,58
		mit	4,50	3,50	3,50	3,00	2,50	4,50	3,58
	integriert	ohne	4,00	3,50	3,50	2,50	2,50	4,00	3,33
		mit	4,00	3,50	3,50	2,50	2,50	4,00	3,33
	biologisch	ohne	2,75	3,00	3,50	2,50	2,25	2,75	2,79
		mit	2,75	3,00	3,50	2,50	2,25	2,75	2,79
Kartoffeln	konventionell	ohne	4,50	4,25	4,00	4,25	5,00	5,00	4,50
		mit	4,50	4,25	4,00	4,25	4,50	4,50	4,33
	integriert	ohne	4,50	5,00	4,00	4,50	5,00	5,00	4,67
		mit	4,50	4,50	4,00	4,50	4,50	4,50	4,42
	biologisch	ohne	3,00	4,50	4,00	4,00	3,25	3,00	3,63
		mit	3,00	4,50	4,00	4,00	3,25	3,00	3,63

¹⁾ HT ... Herbizidtoleranz

²⁾ MABW ... mittlerer aktueller Biotopwert

Während für die biotischen Wirkungen des Einsatzes von Herbiziden und Insektiziden auf die dargestellten Indikatoren vielfach umfangreiches Wissen existiert, sind die Effekte von Fungiziden auf die Indikatoren allgemein nur unzureichend geklärt. Die Abschätzungen sind mit einer entsprechend großen Unsicherheit behaftet. Wir gehen deshalb bei der Beurteilung der biotischen Wirkungen davon aus, dass der den grünen Pflanzenteilen oberirdisch

anhaftende Spritzbelag durch einzelne herbivore Arten mit aufgenommen wird und in Abhängigkeit von der Dosis zu einer geringen Beeinträchtigung führen kann. Insbesondere bei Hasen sind vereinzelt stärkere biotische Negativwirkungen angenommen worden. Im Fall von sieben Fungizidapplikationen zu Kartoffeln (Höchstwert) wurde ein möglicher Maximalwert an Schädigung von Feldhasen in Höhe von 2,5 („Populationsschwächung“) kalkuliert. Alle anderen Pilzbekämpfungsmaßnahmen wurden dementsprechend mit geringer Wirkung beurteilt.

Die Anwendung von Kupferpräparaten im biologischen Anbau wird hinsichtlich der Biozönosetoxizität gegenüber den synthetischen Fungiziden als gleichwertig beurteilt. Die nachweisliche Hemmung der Entwicklung von Bodenlebewesen, die Einstufung der Präparate in die Giftklasse 4 der Schweiz sowie das Verbot ihrer Anwendung im biologisch-dynamischen Landbau lassen diese Bewertung angeraten erscheinen.

5.5.1.3.1 Winterweizen

Die transgen induzierte Braunrostresistenz bei Winterweizen bewirkt im konventionellen Anbauverfahren eine Reduzierung der Anzahl an Fungizidapplikationen von zwei auf eine. Sowohl im integrierten als auch im biologischen Verfahren wird bei Nutzung sowohl pilzresistenter als auch nicht resistenter Sorten auf Fungizidapplikationen vollständig verzichtet.

Für konventionell erzeugten Winterweizen wird ein mittlerer aktueller Biotopwert von 3,5 ausgewiesen. Bei Verzicht auf eine Fungizidapplikation wird dieser Wert nicht geändert. Im integrierten wie auch im biologischen Verfahren bleiben die ermittelten Biotopwerte ebenfalls gleich (3,3 bzw. 2,8). Es ist insgesamt anzunehmen, dass sich die biotische Situation im Winterweizen bei Einführung von pilzresistenten Sorten nicht verändert. Das beschriebene Verfahren des konventionellen Anbaus wird weiterhin als „problematisch“ eingestuft. Weizen in integrierter Bewirtschaftung wird als „befriedigend“ beurteilt. Der biologisch erzeugte Weizen verbleibt hinsichtlich der in den Verfahren beschriebenen Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Biotopeignungsstufe „gut“.

5.5.1.3.2 Kartoffeln

Phytophthora-Resistenz bei Kartoffeln führt zu einer deutlichen Reduzierung der Aufwendungen an Fungiziden. In Abhängigkeit von der Anbauform werden bis zu sechs Spritzungen eingespart. Im konventionellen Verfahren wird von sieben auf eine Fungizidapplikation reduziert, im integrierten Verfahren demgegenüber von fünf auf zwei. Im biologischen Anbau werden bei Nutzung nicht resistenter Sorten standardmäßig drei Fungizidapplikationen mit Kupferoxychlorid durchgeführt. Beim Anbau von resistenten Kartoffeln erfolgen in dieser Anbauform noch zwei Applikationen.

Die Phytophthora-Resistenz führt unter konventionellen Anbaubedingungen zu einer Verringerung der ermittelten Biotopwerte von 4,5 auf 4,3. Innerhalb des integrierten Verfahrens wurde der Wert bei Nutzung dieser Resistenz von 4,7 auf 4,4 verringert. Im biologischen Verfahren sind keine Veränderungen des Biotopwertes ermittelt worden. Es wurde jeweils ein Wert von 3,6 ermittelt.

Wenngleich sowohl im konventionellen als auch im integrierten Verfahren wertmäßige Verringerungen auftraten, verbleiben beide Anbauverfahren in der Gruppe "unbefriedigend",

d.h. vermutlich wirken sich die indizierten Veränderungen auf die Biozönose qualitativ nicht aus. Der Grund dafür ist in der insgesamt hohen Störungsintensität des Kartoffelanbaus zu sehen. Der in Verbindung mit der Nutzung von pilzresistenten Kulturen stattfindende Wegfall von den ohnehin als eher harmlos bewerteten Fungizidapplikationen kann in beiden Anbauverfahren keine wirksame Verbesserung der Eignung von Kartoffelfeldern als Lebensraum verursachen.

Für biologisch erzeugte Kartoffeln werden Biotopwerte von jeweils 3,6 angegeben. Eine wirksame Verringerung der Biozönosebelastung durch Verringerung der Anzahl von Kupferpräparatanwendungen wird nicht angenommen. Der biologische Kartoffelanbau wird deshalb auch bei Nutzung pilzresistenter Sorten weiterhin der Gruppe "problematisch" zugeordnet. Während die Indikatoren Segetalflora, Schwebfliegen sowie Laufkäfer und Spinnen vergleichsweise günstige Lebensbedingungen in diesen Flächen vorfinden, werden die Bedingungen für Feldvögel und Feldhasen als „unbefriedigend" bewertet.

Exkurs "Fungizide Kupferpräparate im ökologischen Anbau von Kartoffeln"

Kupfermittel werden im biologischen Kartoffelanbau zur Verringerung der Krautfäule (Phytophthora) eingesetzt. Als Belag auf den oberirdischen Pflanzenteilen verhindern sie das Auskeimen der Sporen und damit den Pflanzenbefall durch diesen Schaderreger.

Bei der Ausbringung der Mittel in die Kartoffelbestände werden potenziell vorhandene Unkrautpflanzen mitbehandelt. Die gesamte pflanzliche Biomasse eines Kartoffelfeldes ist deshalb mit einem Fungizidfilm auf der Blattoberfläche versehen, der durch herbivore Tierarten (z.B. Feldhase und Feldmäuse) mit aufgenommen werden kann. Dieser Film soll möglichst aus phytosanitärer Sicht lange auf den Pflanzen erhalten bleiben.

Kupfermittel können hemmende Wirkungen auf das Bodenlebewesen haben (Schmid, Hengeler 1989). Sie werden in der Schweiz der Giftklasse 4 zugeordnet. Da diese Zuordnung eine komplexe Bewertung der Giftigkeit voraussetzt, kann nicht auf spezifische Toxizitäten geschlossen werden. Dennoch bleibt festzustellen, dass Toxizität auf Säugetiere in gewissem Maße anzunehmen ist.

Aufgrund dieser unklaren biotischen Wirkungen wird eine geringe Wirkung auf herbivore Tierarten unterstellt. Kupferpräparate werden demnach in ihren biotischen Wirkungen ähnlich wie die synthetischen Fungizide bewertet.

5.5.2 Vergleich der Bewirtschaftungsweisen bei Anbau von gentechnisch veränderten bzw. nicht veränderten Kulturpflanzen

Die Darstellung der Lebensraumqualität für die biotischen Indikatoren in landwirtschaftlichen Betriebsszenarien beruht auf der Beschreibung von Betrieben (Eggenschwiler et al. 1999) (s. Kap. 4.1.3). Diese unterscheiden sich in drei Merkmalen: *Betriebsgröße* (10 - 60 ha), *Bewirtschaftungsweise* (biologisch, integriert, konventionell) und *Marktbedingungen* (Jahre 1998, 2003). Für jede dieser möglichen 66 Kombinationen wurde weiterhin der Anbau transgener Sorten variiert, sodass 66 Betrieben ohne transgene Sorten die 66 weiteren Betriebe gegenüberstehen, die diese Sorten verwenden.

In diesen 132 Szenarien (s. Kap. 3.3) verwenden Betriebe allerdings transgene Sorten nur in dem Umfang und Ausmaß, wie es aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll erscheint. Keiner der 'transgen' wirtschaftenden Betriebe hat daher ausschließlich transgene Sorten im Anbau. Aus diesem Grund schwächen sich mögliche Unterschiede der Wirkungen auf die Indikatoren von einzelnen Produktionssystemen ab. Aus der Sicht der Abschätzung der Biotopqualität unterscheiden sie sich in den Spektren der angebauten Kulturpflanzen, in den Anbauverhältnissen und in den Produktionsverfahren. Sie wurden in Hinblick auf die biotischen Indikatoren dargestellt und vergleichend untersucht. Dabei wurden auf Betriebsebene für jeden Indikator sowohl die Eignung als Mittelwert aller Flächen des Betriebes dargestellt als auch die Werte der geeignetsten 20% der Flächen des Betriebes.

Im Folgenden wird die Bedeutung dieser Merkmale für die Lebensqualität der biotischen Indikatoren auf der Ebene der Betriebe untersucht. Dabei versuchen wir die Lebensraumqualität differenziert zu beschreiben, da hier verschiedene Aspekte wesentlich erscheinen. Besonders wichtig ist die Unterscheidung zwischen den Mittelwerten und den Extremen. Ein Mittelwert der Lebensraumeignung des Betriebes für eine Art oder Artengruppe ist die Zusammenfassung aller (flächengewichteten) einzelnen Werte der angebauten Kulturen. Er charakterisiert den ganzen Betrieb, da alle Flächen gleichermaßen berücksichtigt werden. Der Mittelwert erscheint daher als ein allgemeines Eignungsmaß für die Indikatoren bedeutsam zu sein. Daher werden die Darstellungen der Lebensraumqualitäten einerseits auf die Betriebsmittelwerte bezogen und dargestellt.

Ökologisch ebenso wichtig ist die Verteilung der für die einzelnen Arten oder Gruppen besonders geeigneten Flächen. Denn es sind diese Flächen, die für die Populationen in der Agrarlandschaft eine besondere Bedeutung haben, da hier ein Rückzugs- oder Reproduktionsraum angenommen werden kann. Betriebe mit gleichen mittleren Lebensraumqualitäten können sich für die Arten ganz verschieden darstellen, wenn z.B. in einem Fall alle Flächen ähnlich wenig geeignet sind und sich deshalb keine Populationen erhalten können, im anderen Fall aber sehr günstige Flächen vorkommen (folglich auch sehr ungünstige), die einen Bestand der Arten oder Artengruppen erlauben.

Dieser Aspekt erscheint ökologisch ebenso wichtig zu sein wie der Mittelwert. Dabei wird auch ein Grenzwert des Flächenanteiles festgelegt. Dargestellt werden die Verhältnisse auf den jeweils geeignetsten 20% der Betriebsfläche für einen Indikator. Damit wird berücksichtigt, dass eine gewisse Größe geeigneter Flächen für den Erhalt von Populationen notwendig ist. Bei dieser Betrachtung erscheint die Festlegung von 20% als ausreichend, obwohl damit zunächst keine absolute Flächengröße und noch weniger die Größe einer zusammenhängenden Fläche definiert wird, die für das Vorkommen von Arten der Agrarlandschaft eine Bedeutung haben kann. Dies wäre Gegenstand einer Analyse von Agrarlandschaften, die über die Betrachtung von Betrieben hinausgeht. Für die vorliegende Studie erschien uns die Vorstellung ausreichend, dass die 132 definierten Betriebstypen in

den Szenarien jeweils als einzige in einer Agrarlandschaften vorkommen. Die in den jeweiligen Betriebsszenarien sich hervorhebenden 20% der geeignetsten Flächen können sich verständlicherweise sehr unterschiedlich hinsichtlich der dort angebauten Kulturpflanzenart ausprägen.

5.5.2.1 Bedeutung des Anbaus mit / ohne transgene Sorten für den Biotop- und Artenschutz

In Tabelle 5.5.2-1 sind die Ergebnisse der Berechnungen über alle Szenarien ohne bzw. mit dem Anbau transgener Sorten, unabhängig von der Bewirtschaftungsweise oder weiteren Betriebsmerkmalen für die ausgewählten Indikatoren zusammengefasst. Dabei werden die jeweils geeignetsten 20% der Flächen und die durchschnittliche Qualität aller Flächen in den Szenarien gegenübergestellt, wobei die Wichtung der Wirkungen in langfristige, kurzfristige, Artenschutz und in eine Kombination davon unterschieden wird (vergl. Kap. 5.4.4.3).

Insgesamt sind in Tab. 5.5.2.-1 genau 40 Vergleiche zwischen der Biotoppeignung für Indikatoren in Betrieben mit und ohne Anbau transgener Sorten dargestellt. In 27 davon erreichen beide Gruppen gleiche Werte, in 5 Fällen sind die Szenarien ohne transgene Sorten besser bewertet, in 8 diejenigen mit transgenen Sorten. Die Unterschiede sind insgesamt gering, in 9 Fällen bei 0,1 und in 2 Fällen bei 0,2 und je einem bei 0,3 und 0,4. Die Gesamtbewertung, als Mittelwert der Biotopwerte aller Indikatoren, zeigt in keinem Fall einen Unterschied auf.

Wenn in den Szenarien jeweils nur die geeignetsten 20% der Betriebsflächen für die Indikatoren berücksichtigt werden, so ist hier der Anbau transgener Sorten in drei Fällen besser, in vier Fällen (von 20) werden die Szenarien ohne transgene Sorten besser bewertet. Hinsichtlich des Artenschutzes sind hier die deutlichsten Unterschiede zu erkennen: die 'Segetalflora' hat in Betrieben mit transgenen Sorten bessere Bedingungen, die 'Schwebfliegen' in Betrieben mit traditionellen Sorten.

Ein etwas anderes Bild ergibt sich, wenn die durchschnittliche Qualität aller Kulturen (d.h. über die gesamte Betriebsfläche) zugrunde gelegt wird. Wenn Unterschiede zu bemerken sind, dann fallen sie zumeist (in fünf von sechs Fällen) zugunsten der Betriebe mit transgenen Sorten aus. Insbesondere die 'Laufkäfer/Spinnen' haben durchweg etwas bessere Bedingungen.

Von den Indikatoren sind es insbesondere die 'Segetalflora', die 'Laufkäfer und Spinnen' und die 'Schwebfliegen', die bei dieser Betrachtung auf den Anbau transgener Kulturen reagieren. Für die 'Feldvögel' und den 'Feldhasen' dagegen ist keine Veränderung der Lebensraumqualitäten zu erkennen.

Tab. 5.5.2-1: Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse über die biotischen Zustände der Ackerbiotope ('Biotopwerte') bei Szenarien ohne und mit Anbau transgener Sorten. Vergleich der Lebensraumqualität von Ackerflächen für biotische Indikatoren (Schätzverfahren s. Text)

Die Biotopwerte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Dargestellt sind sowohl Werte der für den Indikator günstigsten 20% der Betriebsfläche als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebauten Kulturen der Betriebe. Weiterhin wurden verschiedene Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen unterschieden: kurzfristige, langfristige und solche auf gefährdete Arten. Die Wichtung dieser Wirkungen wird entsprechend variiert (Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen, 3 Bewirtschaftungsweisen und 2 Marktsituationen; weitere Erläuterungen im Text).

Wichtung der Wirkungen	jeweils die geeignetsten 20% der Betriebsfläche						durchschnittliche Qualität der gesamten Betriebsflächen					
	kurzfristig: 0,2 langfristig: 0,4 Artenschutz: 0,4		kurzfristig: 0,0 langfristig: 1,0 Artenschutz: 0,0		kurzfristig: 0,0 langfristig: 0,0 Artenschutz: 1,0		kurzfristig: 0,2 langfristig: 0,4 Artenschutz: 0,4		kurzfristig: 0,0 langfristig: 1,0 Artenschutz: 0,0		kurzfristig: 0,0 langfristig: 0,0 Artenschutz: 1,0	
transgene Sorten	Nein	ja	nein	ja	Nein	ja	Nein	ja	nein	ja	nein	ja
Segetalflora	3,7	3,8	3,2	3,2	3,6	3,2	4,1	4,2	3,8	3,8	4,2	4,1
Feldvögel	3,4	3,4	3,3	3,3	3,6	3,6	4,2	4,2	4,1	4,1	4,2	4,2
Feldmaus	2,7	2,8	2,7	2,8			3,3	3,3	3,3	3,3		
Feldhase	2,9	2,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9
Laufk./Spinne	2,3	2,3	2,1	2,1	2,7	2,7	3,4	3,2	3,2	3,1	3,6	3,4
Schwebfliegen	3,8	3,8	3,4	3,3	3,2	3,5	4,1	4,1	3,8	3,7	3,9	3,9
mittlerer aktueller	3,3	3,3	3,1	3,1	3,3	3,3	3,8	3,8	3,7	3,7	3,8	3,8

5.5.2.2 Bedeutung der Bewirtschaftungsweise (konventionell, integriert, biologisch) für den Biotop- und Artenschutz

In den Tabellen 5.5.2-2 und 5.5.2-3 sind die Berechnungen für die Szenarien der verschiedenen Produktionsweisen – biologisch, integriert und konventionell – gegenübergestellt. Dabei wird auch hier unterschieden zwischen den Werten, die auf den jeweils geeignetsten 20% der Flächen für die Indikatoren erreicht werden (Tab. 5.5.2-2) und denen der durchschnittlichen Qualität aller Ackerflächen des Betriebes (Tab. 5.5.2-3). Aufschlussreich ist der Vergleich zwischen diesen Tabellen, da dadurch Aussagen über die Diversität der Lebensraumqualitäten der Kulturen innerhalb der verschiedenen Bewirtschaftungsweisen ermöglicht werden.

Bei den einzelnen Indikatoren bestehen in dieser Hinsicht z.T. erhebliche Unterschiede. Insbesondere die 'Laufkäfer und Spinnen' und der 'Feldhase' finden je nach Betriebsweise sehr unterschiedliche Lebensraumqualitäten auf den Ackerflächen vor, 'Laufkäfern und Spinnen' vor allem auf integriert oder konventionell wirtschaftenden Betrieben. Für 'Feldhasen' stellen sich große Unterschiede zwischen den Ackerkulturen insbesondere im integrierten Verfahren dar. Für 'Feldvögel' dagegen sind von den Bewirtschaftungsweisen die konventionellen diejenigen, die untereinander am ähnlichsten sind. In biologisch wirtschaftenden Betrieben dagegen sind die Lebensraumqualitäten der einzelnen Kulturen für diesen Indikator unterschiedlicher. Der Indikator 'Schwebfliegen' reagiert am wenigsten auf unterschiedliche Kulturen in den verschiedenen Landbauformen. Dabei sind in biologisch wirtschaftenden Betrieben die Kulturen einander sehr ähnlich, die größten Unterschiede sind zwischen den Kulturen konventioneller Wirtschaftsweise zu finden. Ähnliches gilt für die 'Segetalflora'. Größere Unterschiede zwischen den Kulturen sind lediglich im integrierten Anbau hinsichtlich des Vorrangzieles 'Artenschutz' zu finden.

Sowohl die Bewertungen der jeweils günstigsten 20% der Ackerflächen (Tab. 5.5.2-2) als auch die der durchschnittlichen Qualität (Tab. 5.5.2-3) zeigen eine durchweg günstigere Bewertung der biologischen Verfahren gegenüber den anderen Bewirtschaftungsweisen auf. In keinem Fall sind die Szenarien der integrierten oder konventionellen Produktion günstiger, lediglich für die 'Feldmäuse' sind die Flächendurchschnittswerte gleich den biologischen. Die Szenarien für integriert und konventionell wirtschaftende Betriebe zeigen insgesamt keine deutlichen Unterschiede in den mittleren Lebensraumqualitäten der Ackerflächen. Hinsichtlich der 20% günstigsten Flächen jedoch weisen integriert wirtschaftende Betriebe wesentlich bessere Bedingungen auf für die 'Segetalflora', den 'Feldhasen' und auch die 'Schwebfliegen' als konventionell wirtschaftende Betriebe.

Besondere Vorteile haben biologisch wirtschaftende Betriebe offenbar in der Bedeutung für den Artenschutz, da hier die Unterschiede zu den anderen Produktionsweisen besonders stark sind.

Tab. 5.5.2-2: Lebensraumqualität ('Biotopwerte') der jeweils 20% günstigsten Ackerfläche für ausgewählte Indikatoren in verschiedenen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweisen: Biologische Landwirtschaft ('Bio'), Integrierte Produktion ('IP') und Konventionelle Produktion ('Konv') (verwendete Abschätzverfahren: siehe Text)

Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Die Werte sind gemittelt aus den Szenarien über 11 Betriebsgrößenklassen, 2 Marktsituationen und 2 Sortenstufen: GVO bzw. nGVO; s.a. Text). Wichtungen der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen erfolgen entsprechend dem Vorrang von Schutzzielen (weitere Erläuterungen siehe Text).

	Wichtung der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen								
	kurzfristig: 0,2 langfristig: 0,4 Schutz gefährdeter Arten: 0,4			kurzfristig: 0 langfristig: 1 Schutz gefährdeter Arten: 0			kurzfristig: 0 langfristig: 0 Schutz gefährdeter Arten: 1		
Bewirtschaftungsweise	Bio	IP	Konv	Bio	IP	Konv	Bio	IP	Konv
Segetalflora	3,0	4,0	4,3	2,5	3,5	3,6	2,8	3,0	4,4
Feldvögel	3,0	3,5	3,6	2,8	3,5	3,6	2,8	4,0	4,0
Feldmaus	2,6	2,9	2,8	2,6	2,9	2,8			
Feldhase	2,4	3,0	3,2	2,4	2,5	4,3	2,4	2,5	4,3
Laufkäfer/ Spinnen	2,0	2,4	2,6	1,8	2,2	2,4	1,8	3,1	3,1
Schwebfliegen	3,0	4,0	4,5	2,5	3,5	4,1	2,5	3,5	4,1
mittlerer aktueller	2,7	3,4	3,7	2,5	3,1	3,6	2,6	3,3	3,9

Tab. 5.5.2-3: Flächengewichtete mittlere Lebensraumqualität der Ackerflächen ('Biotopwerte') für ausgewählte Indikatoren in verschiedenen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweisen: Biologische Landwirtschaft ('Bio'), Integrierte Produktion ('IP') und Konventionelle Produktion ('Konv') (verwendete Abschätzverfahren: siehe Text)

Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Die Werte sind gemittelt aus den Szenarien über 11 Betriebsgrößenklassen, 2 Marktsituationen und 2 Sortenstufen: GVO bzw. nGVO; s.a. Text). Wichtungen der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen erfolgen entsprechend dem Vorrang von Schutzzielen (weitere Erläuterungen siehe Text).

	Wichtung der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen								
	kurzfristig: 0,2 langfristig: 0,4 Schutz gefährdeter Arten: 0,4			kurzfristig: 0 langfristig: 1 Schutz gefährdeter Arten: 0			kurzfristig: 0 langfristig: 0 Schutz gefährdeter Arten: 1		
Bewirtschaftungsweise	Bio	IP	Konv	Bio	IP	Konv	Bio	IP	Konv
Segetalflora	3,3	4,4	4,7	2,9	4,2	4,2	3,1	4,4	4,8
Feldvögel	4,0	4,4	4,2	3,8	4,2	4,3	3,8	4,5	4,4
Feldmaus	3,2	3,3	3,3	3,2	3,3	3,3			
Feldhase	3,3	4,1	4,0	3,2	4,0	4,5	3,2	4,0	4,5
Laufkäfer/ Spinnen	2,6	3,6	3,7	2,3	3,5	3,6	2,3	4,1	4,1
Schwebfliegen	3,1	4,4	4,7	2,6	4,2	4,5	2,6	4,4	4,6
mittlerer aktueller	3,2	4,0	4,1	3,0	3,9	4,1	3,1	4,1	4,3

5.5.2.3 Bedeutung des Anbaus transgener Kulturarten in Wechselwirkung mit der Bewirtschaftungsweise (biologisch, integriert, konventionell) für den Biotop- und Artenschutz

In den von Eggenschwiler et al. (1999) definierten Szenarien wird angenommen, dass sowohl konventionell und integriert als auch biologisch wirtschaftende Betriebe transgene Sorten anbauen werden. Die Vergleiche zwischen diesen Bewirtschaftungsweisen mit und ohne Anbau transgener Sorten sind in den Tabellen 5.5.2-4 und 5.5.2-5 dargestellt. Die mittlere Lebensraumqualität unterscheidet sich dabei nur gering innerhalb einer Bewirtschaftungsweise.

In den biologisch wirtschaftenden Betrieben ändert sich durch Anbau transgener Sorten nur wenig. Die sehr geringfügigen Veränderungen (maximale Differenz 0,1) fallen dabei zugunsten der Betriebe mit transgenen Sorten aus. In Betrieben mit integrierter Produktion führt der Anbau transgener Sorten ebenfalls zu nur geringen Veränderungen der Lebensraumqualität der Indikatoren (max. 0,2). Auch in Betrieben mit konventioneller Bewirtschaftung verändert sich die mittlere Lebensraumqualität der Ackerflächen für die Indikatoren nur wenig durch Einführung transgener Sorten. Hier ergibt sich in der Tendenz eine Verbesserung (um 0,3) besonders für 'Laufkäfer und Spinnen'. Dieser Indikator reagiert gegenüber der Einführung transgener Sorten am stärksten. Die durchschnittliche Lebensraumqualität verbessert sich dabei für diese Organismengruppe sowohl hinsichtlich der kurzfristigen, der langfristigen Wirkungen sowie bezüglich des Artenschutzes. Die anderen Indikatoren reagieren wesentlich weniger deutlich. Am wenigsten verändert sich die mittlere Lebensraumqualität für den 'Feldhasen', die 'Feldmäuse' und die 'Segetalflora'.

Die Ergebnisse für die 20% der Ackerfläche in den einzelnen Szenarien, die für die Indikatoren am geeignetsten sind (Tab. 5.5.2-4), weichen von denen der Mittelwerte nicht stark ab. Auch hier ändern sich die Lebensraumqualitäten nur sehr unbedeutend durch Einführung transgener Sorten. Herauszuheben sind lediglich die 'Segetalflora', die hinsichtlich des Artenschutzes im integrierten Landbau eine Förderung erfährt (um 0,2), und die 'Laufkäfer und Spinnen', die auch hinsichtlich lang- und kurzfristiger Wirkungen etwas bessere Bedingungen erhalten (max. 0,4), insbesondere in integriert und konventionell wirtschaftenden Betrieben.

Die grundsätzliche Aussage, dass im biologischen Anbau die Lebensraumqualitäten höher bewertet werden als im integrierten und konventionellen Anbau, verändert sich nicht durch die Einführung transgener Sorten. Obwohl es durch Anbau transgener Sorten im integrierten und konventionellen Anbau zu Lebensraumverbesserungen kommen kann, werden in keinem Fall ähnliche Werte erreicht wie in biologisch wirtschaftenden Betrieben, unabhängig davon, ob dort transgene Sorten verwendet werden oder nicht. Die wesentlichen Unterschiede für die Indikatoren werden durch die Produktionsrichtung der Betriebe bestimmt, die durch die Einführung transgener Sorten nur noch wenig modifiziert werden.

Tab. 5.5.2-4: Lebensraumqualität ('Biotopwert') der jeweils geeignetsten 20% der Ackerflächen für biotische Indikatoren in verschiedenen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweisen und Anbau transgener oder konventioneller Sorten. Unterschieden werden Biologische ('Bio'), Integrierte ('IP') und Konventionelle ('Konv') Bewirtschaftung, jeweils ohne ('nein') und mit ('ja') Verwendung transgener Kulturarten (verwendete Abschätzverfahren: siehe Text)

Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Die Werte sind gemittelt aus den Szenarien über 11 Betriebsgrößenklassen und 2 Marktsituationen; s.a. Text). Wichtungen der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen erfolgen entsprechend dem Vorrang von Schutzziele (weitere Erläuterungen siehe Text).

Bewirtschaftungsweise	Wichtung der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen																	
	kurzfristig: 0,2 langfristig: 0,4 Schutz gefährdeter Arten: 0,4						kurzfristig: 0 langfristig: 1 Schutz gefährdeter Arten: 0						kurzfristig: 0 langfristig: 0 Schutz gefährdeter Arten: 1					
	Bio		IP		Konv		Bio		IP		Konv		Bio		IP		Konv	
transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	Nein	ja	nein	ja
Segetalflora	3,0	3,0	3,9	4,0	4,3	4,3	2,5	2,5	3,5	3,5	3,7	3,6	2,8	2,8	3,6	2,5	4,4	4,4
Feldvögel	3,0	3,0	3,5	3,5	3,7	3,6	2,8	2,8	3,5	3,5	3,7	3,6	2,8	2,8	4,0	4,0	4,0	4,0
Feldmaus	2,6	2,6	2,8	3,0	2,8	2,8	2,6	2,6	2,8	3,0	2,8	2,8						
Feldhase	2,4	2,4	2,9	3,0	3,3	3,2	2,4	2,4	2,5	2,5	4,3	4,3	2,4	2,4	2,5	2,5	4,3	4,3
Laufk./Spinne	2,0	2,0	2,4	2,5	2,7	2,6	1,8	1,8	2,2	2,2	2,4	2,3	1,8	1,8	3,1	3,2	3,1	3,1
Schwebfliege	3,0	3,0	3,9	4,0	4,5	4,5	2,5	2,5	3,5	3,5	4,1	4,0	2,5	2,5	3,5	3,5	3,7	4,4

mittlerer akt. Biotopwert	2,7	2,7	3,3	3,4	3,7	3,7	2,5	2,5	3,1	3,1	3,6	3,6	2,6	2,6	3,4	3,2	3,9	3,9
------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tab. 5.5.2-5: Mittlere Lebensraumqualität ('Biotopwert') der gesamtbetrieblichen Ackerflächen für biotische Indikatoren in verschiedenen landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsweisen und Anbau transgener oder konventioneller Sorten. Unterschieden werden Biologische ('Bio'), Integrierte ('IP') und Konventionelle ('Konv') Bewirtschaftung, jeweils ohne ('nein') und mit ('ja') Verwendung transgener Kulturarten (verwendete Abschätzverfahren: siehe Text)

Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Die Werte sind gemittelt aus den Szenarien über 11 Betriebsgrößenklassen, und 2 Marktsituationen; s.a. Text). Wichtungen der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen erfolgen entsprechend dem Vorrang von Schutzzielen (weitere Erläuterungen siehe Text).

	Wichtung der Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen																	
	kurzfristig: 0,2 langfristig: 0,4 Schutz gefährdeter Arten: 0,4						kurzfristig: 0 angfristig: 1 Schutz gefährdeter Arten: 0						kurzfristig: 0 langfristig: 0 Schutz gefährdeter Arten: 1					
Bewirtschaftungsweise	Bio		IP		Konv		Bio		IP		Konv		Bio		IP		Konv	
transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Segetalflora	3,4	3,3	4,3	4,5	4,7	4,7	2,9	2,9	4,2	4,2	4,2	4,3	3,1	3,1	4,5	4,3	4,8	4,8
Feldvögel	4,0	3,9	4,4	4,4	4,2	4,2	3,8	3,8	4,2	4,3	4,3	4,2	3,8	3,8	4,5	4,5	4,5	4,3
Feldmaus	3,3	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3						
Feldhase	3,3	3,3	4,1	4,1	4,0	4,0	3,3	3,2	4,0	4,1	4,5	4,5	3,3	3,2	4,0	4,1	4,5	4,5
Laufk./Spinne	2,6	2,5	3,7	3,5	3,9	3,5	2,4	2,3	3,5	3,4	3,7	3,4	2,4	2,3	4,1	4,0	4,2	4,0
Schwebfliege	3,1	3,1	4,4	4,5	4,7	4,7	2,6	2,6	4,2	4,2	4,6	4,4	2,6	2,6	4,4	4,4	4,5	4,7

mittlerer akt. Biotopwert	3,3	3,2	4,0	4,0	4,2	4,1	3,0	3,0	3,9	3,9	4,1	4,0	3,1	3,0	4,1	4,1	4,3	4,3
------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

5.5.2.4 Bedeutung des Anbaus transgener Sorten für den Biotop- und Artenschutz bei verschiedenen Bewirtschaftungsweisen unter den Rahmenbedingungen der Jahre 1998 bzw. 2003

In den Tabellen 5.5.2-6 bis 5.5.2-8 sowie Tab. 8.1-1 bis 8.1-6 (Tabellenanhang) werden die Biotopeignungswerte für die Indikatoren in den verschiedenen Bewirtschaftungsweisen (biologisch: Tab. 5.5.2-6, 8.1-1 und 8.1-2; integriert: Tab. 5.5.2-7, 8.1-3 und 8.1-4; konventionell: Tab. 5.5.2-8, 8.1-5 und 8.1-6) mit und ohne Anbau transgener Sorten, unter verschiedenen Aspekten der Bewertung (langfristig: Tab: 8.1-1, 8.1-3 und 8.1-5; Artenschutz: Tab. 8.1-2, 8.1-4 und 8.1-6; und eine Kombination davon mit kurzfristigen Wirkungen: Tab. 5.5.2-6, 5.5.2-7 und 5.5.2-8) und in verschiedenen Rahmenbedingungen (1998 und 2003) detaillierter dargestellt. Dabei wird wiederum die mittlere Qualität der Ackerflächen der Betriebe unterschieden von den jeweils günstigsten 20%.

Als zusammenfassendes Ergebnis lässt sich darstellen, dass die Rahmenbedingungen 2003 zu keinen besseren mittleren Lebensraumqualitäten in den Ackerbiotopen führen. Geringfügig bessere Bedingungen im biologischen Anbau (z.B. für Feldmäuse), geringfügig schlechtere Bedingungen im integrierten Anbau und die sehr geringen Änderungen im konventionellen Landbau sind erkennbar. Die Betriebe mit Anbau von transgenen Sorten werden dabei bei der biologischen und integrierten Produktion in Szenario 2003 sehr ähnlich bewertet wie 1998. Für Betriebe ohne transgene Sorten zeichnet sich dabei eine geringfügige Verbesserung der Lebensraumbedingungen ab. Für konventionell wirtschaftende Betriebe ist eher mit einer - wiederum sehr geringfügigen - Verschlechterung unter den Bedingungen im Jahr 2003 zu rechnen.

Die günstigsten 20% der Ackerfläche verändern im Szenario 2003 deutlicher die Qualität gegenüber 1998 als der Flächendurchschnitt. Zusammenfassend kann hier gesagt werden, dass der biologische Landbau im Jahr 2003 die Qualität dieser Flächen erhöhen wird, dabei in den Betrieben ohne transgene Sorten mehr als mit transgenen Sorten. Im integrierten Landbau ist eine wesentlich geringere Verbesserung im Jahr 2003 zu erwarten, und dies nur in den Betrieben ohne transgene Kulturen. Im konventionellen Landbau dagegen ist 2003 mit einer Verschlechterung auf diesen Flächen zu rechnen, auf den Betrieben ohne transgene Sorten mehr als auf Betrieben mit transgenen Sorten.

'Feldmäuse', 'Feldhasen', 'Laufkäfer und Spinnen' werden unter den ökonomischen Bedingungen des Jahres 2003 in biologisch wirtschaftenden Betrieben bessere Bedingungen vorfinden, besonders auf den günstigsten 20% der Fläche. Im integrierten Anbau ändert sich wenig für die Indikatoren, nennenswerte Veränderungen (Verbesserungen) ergeben sich nur für 'Laufkäfer und Spinnen'. Im konventionellen Anbau verschlechtern sich Lebensraumqualitäten besonders für den 'Feldhasen', die 'Laufkäfer und Spinnen' und 'Schwebfliegen'.

Tab. 5.5.2-6: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **biologisch wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 und 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') die Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche'), als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebaute Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es wurden verschiedene Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen unterschieden: **kurzfristige, langfristige und solche auf gefährdete Arten**. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text).

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0,2; langfristige: 0,4; Artenschutz: 0,4								
Rahmen-	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen			
	1998		2003		1998		2003	
transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Segetalflora	3,0	3,0	3,0	3,0	3,4	3,3	3,3	3,3
Feldvögel	3,0	3,0	3,1	3,0	3,9	3,9	4,0	4,0
Feldmaus	3,1	2,9	2,1	2,2	3,4	3,3	3,1	3,1
Feldhase	2,5	2,5	2,2	2,3	3,4	3,2	3,3	3,3
Laufk./Spinn	2,3	2,2	1,7	1,8	2,7	2,6	2,5	2,5
Schwebfliege	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1
mittlerer akt. Biotopwert	2,9	2,8	2,6	2,6	3,3	3,2	3,2	3,2

Tab. 5.5.2-7: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **integriert wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 vs 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche'), als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebaute Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es wurden verschiedene Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen unterschieden: **kurzfristige, langfristige und solche auf gefährdete Arten**. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text).

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0,2; langfristige: 0,4; Artenschutz: 0,4								
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen			
	1998		2003		1998		2003	
transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Segetalflora	4,0	4,0	3,9	4,0	4,3	4,5	4,4	4,5
Feldvögel	3,5	3,5	3,5	3,5	4,4	4,4	4,4	4,4
Feldmaus	2,9	2,9	2,7	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3
Feldhase	3,0	3,0	2,9	3,0	4,0	4,1	4,1	4,2
Laufk/Spinne	2,5	2,5	2,3	2,5	3,8	3,5	3,6	3,5
Schwebfliege	4,0	4,0	3,9	4,0	4,4	4,4	4,4	4,5
mittlerer akt. Biotopwert	3,4	3,4	3,3	3,4	4,0	4,0	4,0	4,1

Tab. 5.5.2-8: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **konventionell wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 vs 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche'), als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebaute Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es wurden verschiedene Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen unterschieden: **kurzfristige, langfristige und solche auf gefährdete Arten**. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0,2; langfristige: 0,4; Artenschutz: 0,4									
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen				
	1998		2003		1998		2003		
transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	
Segetalflora	4,2	4,3	4,3	4,3	4,8	4,7	4,7	4,7	
Feldvögel	3,5	3,5	3,8	3,7	4,2	4,2	4,3	4,2	
Feldmaus	2,8	2,9	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	
Feldhase	3,0	3,0	3,6	3,3	4,0	4,0	4,1	4,1	
Laufk./Spinn	2,5	2,5	2,8	2,6	3,9	3,6	3,9	3,5	
Schwebfliege	4,5	4,5	4,5	4,4	4,7	4,7	4,7	4,6	
mittlerer akt. Biotopwert	3,7	3,7	3,8	3,7	4,1	4,1	4,2	4,1	

5.5.2.5 Bedeutung der Betriebsgröße für die Wirkungen des Anbaus transgener Sorten auf den Biotop- und Artenschutz

In die Berechnungen gingen 11 Betriebsgrößenklassen von 10 bis 60 ha ein, die jeweils um 5 ha verschieden waren. Diese konnten sich in den Szenarien unterscheiden durch die angebauten Kulturarten und ihre Anteile. Hier sollte die Frage geprüft werden, ob dies auch eine Bedeutung für die Lebensraumqualität der Indikatoren bezüglich der Biodiversität hat.

In den Tabellen 5.5.2-9 sowie 8.2-1 und 8.2-2 (Tabellenanhang) ist zusammenfassend dargestellt, in welchen Betriebsgrößenklassen die besten bzw. schlechtesten Bedingungen für die Indikatoren zu finden sind und wo ein Zusammenhang vermutet werden kann zwischen der Größe des Betriebes und der Lebensraumqualität für die Indikatoren. Dies wird wiederum sowohl für die jeweils 20% geeignetste Fläche für den jeweiligen Indikator, als auch für die Mittelwerte aller Flächen dargestellt. Die Tabellen unterscheiden sich in der unterschiedlichen Gewichtung der Wirkungen (langfristig: Tab. 8.2-1; Artenschutz: 8.2-2 und eine Kombination davon mit kurzfristigen Wirkungen: 5.5.2-9). Dargestellt sind für die Indikatoren diejenigen Betriebsgrößen mit der besten und der geringsten Qualität, die Unterschiede dazwischen und eine Aussage, ob hier ein systematischer Zusammenhang vermutet werden kann.

Insgesamt ist die Auswirkung der Betriebsgröße auf die Qualität der geeignetsten 20% der Flächen gering, bei der mittleren Qualität der Ackerflächen sind fast gar keine Unterschiede festzustellen. Bei den geeignetsten Flächen gibt es bei den 'Feldmäusen', den 'Laufkäfern und Spinnen' und den 'Schwebfliegen' eine Tendenz zu besseren Bedingungen in größeren Betrieben, für 'Feldvögel' besonders geeignete Flächen finden sich eher auf kleinen Betrieben. Die deutlichsten Wirkungen unterschiedlicher Betriebsgrößen zeigt sich bezüglich der Einschätzung für gefährdete Arten (Tab. 8.2-2), hier ist mit besseren Bedingungen eher in größeren Betrieben zu rechnen als in kleinen.

Tab. 5.5.2-9: Bedeutung der **Betriebsgröße** für die Lebensraumqualität von Ackerflächen für biotische Indikatoren.

Aus 11 Größenklassen (10,..., 55, 60 ha) der Betriebe werden diejenigen herausgestellt, in denen das Minimum ('bester Wert') bzw. Maximum ('schlechtester Wert') der jeweils geeignetsten einzelnen Kultur liegt. Bei geringen Unterschieden (0,1 und weniger) wurde auf die Angaben verzichtet. Die Ableitung der Werte erfolgt im Text, sie liegen zwischen 1 und 5. Daneben sind die entsprechenden Werte für die mittlere Lebensraumqualität aller Kulturen angegeben. Die 'Differenz' bezeichnet den Unterschied zwischen diesen Extremen. Weiterhin ist angegeben, ob ein Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität vermutet werden kann. Es wurden verschiedene Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen unterschieden: kurzfristige, langfristige und solche auf gefährdete Arten. (Erläuterungen s. Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0,2 langfristige: 0,4 Artenschutz: 0,4	Jeweils die geeignetsten 20% der Fläche in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen				Mittlere Lebensraumqualität aller Ackerflächen in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen			
	bester Wert bei Betriebsgröße (ha)	schlechtester Wert bei Betriebsgröße (ha)	Differenz zwischen bestem und schlechtestem Wert	Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität	bester Wert bei Betriebsgröße (ha)	schlechtester Wert bei Betriebsgröße (ha)	Differenz zwischen bestem und schlechtestem Wert	Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität
Segetalflora	55	15	0,2	nein			0,1	nein
Feldvögel	10, 15	40, 45, 60	0,2	nein			0,1	nein
Feldmaus	50	15	0,5	ja			0,1	nein
Feldhase			0,1	nein			0,1	nein
Laufk./Spinnen			0,1	nein			0,1	nein
Schwebfliegen			0,1	nein			0,1	nein
mittlerer akt. Biotopwert			0,1	nein			0,1	nein

5.5.2.6 Das Verhalten der Indikatoren in den Szenarien

Um die Lebensraumqualität der Szenarien hinsichtlich der Indikatoren weiter zu verdeutlichen, sind sie nach Beurteilungsklassen gruppiert in den Tabellen 5.5.2-10 und Tab. 8.3-1 bis 8.3-5 zusammengestellt. Im Vordergrund stehen hier die verschiedenen Beurteilungskriterien bzw. -wichtungen (langfristig: Tab. 8.3-2 und 8.3-3; Artenschutz: Tab. 8.3-4 und 8.3-5 und Kombination davon mit kurzfristigen Wirkungen: Tab. 5.5.2-10 und 8.3-1), jeweils einerseits als Durchschnitt der Betriebe (Tab. 5.5.2-10, 8.3-2 und 8.3-4), andererseits für die jeweils 20% der günstigsten Fläche (Tab. 8.3-1, 8.3-3 und 8.3-5). Dabei werden die 132 Betriebe jeweils nach zwei verschiedenen Kriterien gruppiert: Anbau transgener Sorten (ja bzw. nein: je 66 Betriebe) und Bewirtschaftungsweise (biologisch, integriert, konventionell: je 44 Betriebe). Die Einteilung der Klassen erfolgt nach den Gütekriterien, die in Kap. 5.4.6 bereits beschrieben sind: Werte unter 2,5 werden als „sehr gut“, 2,5 bis 3,0 als „gut“, 3,0 bis 3,5 als „mäßig“, 3,5 bis 4,0 als „problematisch“ und über 4,0 als „unbefriedigend“ für den jeweiligen Indikator angesehen.

Beispielsweise ergibt sich aus der Tabelle 5.5.2-10, dass die mittlere Biotopeignung aller Flächen eines Betriebes (also der flächengewichtete Mittelwert aller Kulturen im Betrieb) in der Gesamtwertung (der 'mittlere aktuelle Biotopwert' als integratives Maß über alle Indikatoren, siehe Kap. 5.4.5) in keinem Betrieb als 'sehr gut' oder 'gut' bewertet wird. In die Gruppe 'mäßig' fallen 44 Betriebe, 22 mit Anbau und 22 ohne Anbau transgener Sorten. Es sind dies die sämtlichen Betriebe der biologischen Produktionsweise. Von den 44 integriert wirtschaftenden Betrieben entfallen 5 in die Gruppe 'problematisch', in zweien davon werden transgene Sorten angebaut, in dreien nicht. 39 integriert und alle 44 konventionell wirtschaftenden Betriebe haben die mittlere Flächenqualität 'unbefriedigend'. Dies wird in der Tabelle 5.5.2-10 weiter für alle Indikatoren getrennt dargestellt. Werden nur die jeweils geeignetsten 20% der Flächen der Betriebe betrachtet, so ergibt sich ein ganz anderes Bild (Tab. 8.3-1): es gibt zehn Betriebe, die 'sehr gute' Flächen in der Gesamtwertung haben, vier davon bauen transgene Sorten an, sechs nicht, und neun davon wirtschaften biologisch und einer integriert. In die Gruppe 'gut' fallen 36 Betriebe, bis auf eine Ausnahme (integriert) haben diese alle biologische Bewirtschaftungsweisen. In 42 der integriert wirtschaftenden Betriebe gehören die besten 20% der Flächen zur Gruppe 'mäßig', und alle konventionellen Betriebe haben bestenfalls 'problematische' Flächen. Auch in dieser Tabelle wird dies für die einzelnen Indikatoren getrennt dargestellt.

Bedeutung der Wechselwirkung von Bewirtschaftungsweise und Anbau transgener Sorten für den Artenschutz

In Tab. 8.3-4 und 8.3-5 sind die Bewertungen der Szenarien für den Artenschutz dargestellt, wobei in Tab. 8.3-4 die Mittelwerte aller Flächen zugrunde gelegt werden, in Tab. 8.3-5 die jeweils günstigsten 20% der Flächen. Beim ‚Artenschutz‘ werden insbesondere solche Maßnahmen negativ beurteilt, die zu einer Nivellierung und Eutrophierung der Standortbedingungen führen (Düngung) bzw. durch wenig selektive Pflanzenschutzmittel (besonders Herbizide und Insektizide) große Teile der Ackerbiozönose beeinträchtigen, die auch dann als Folgewirkung z.B. als Nahrungsgrundlage für andere Glieder der Biozönose nicht zur Verfügung stehen. Bei Feldvögeln sind darüber hinaus mechanische Bodenbearbeitungsmaßnahmen während der Brutperiode als negativer Faktor wesentlich.

Deutlich ist die größere Bedeutung der Produktionsweise gegenüber dem Anbau transgener Sorten für die Indikatoren zu erkennen. Die ‚Artenschutz‘-Mittelwerte (Tab. 8.3-4) lassen im zusammenfassenden Indikator und den meisten einzelnen Indikatoren keinen Unterschied zwischen Betrieben mit und ohne transgene Sorten erkennen. Lediglich für den Indikator 'Laufkäfer und Spinnen' deuten sich in Betrieben mit transgenen Sorten etwas bessere

Bedingungen an. Hinsichtlich der günstigsten Flächen für den zusammenfassenden Indikator kommen in Betrieben mit unbefriedigender Lebensraumeignung nur transgenen Sorten vor (Tab. 8.3-5).

Die Unterschiede zwischen den Produktionsweisen wirken auf die Indikatoren unterschiedlich, aber in der Tendenz werden die biologischen Betriebe wesentlich besser bewertet als die anderen beiden Formen. Besonders deutlich ist dies bei den 'Schwebfliegen', den 'Laufkäfern und Spinnen' und der 'Segetalflora'. Die 'Feldvögel' dagegen werden weniger unterschiedlich bewertet, alle Betriebe sind dabei von geringer Qualität.

Ökologisch bedeutsam sind neben einem Flächendurchschnittswert der Betriebe auch die positiven Extrema, die für die Erhaltung der Art oder Artengruppe in der Agrarlandschaft wichtig sein können. In Tab. 8.3-5 zeigen sich die oben genannten Tendenzen noch differenzierter. So ist es bemerkenswert, dass sich in den meisten integriert wirtschaftenden Betrieben Flächen finden, die ‚gute‘ und ‚sehr gute‘ Lebensraumqualitäten für Indikatoren aufweisen. Dies gilt für die 'Segetalflora', den 'Feldhasen', die 'Laufkäfer und Spinnen' und auch für den 'Gesamtwert'. 'Feldvögel' finden in diesen Betrieben meistens nur Flächen mit problematischer oder unbefriedigender Eignung vor. Die konventionell bewirtschafteten Flächen bieten auch auf den relativ günstigsten Flächen für die betrachteten Indikatoren nur problematische oder unbefriedigende Lebensbedingungen. Insbesondere für die ‚Segetalflora‘, die ‚Feldvögel‘, den ‚Feldhasen‘ und die ‚Schwebfliegen‘ sind alle konventionellen Betriebstypen auch in dieser Hinsicht gänzlich ‚unbefriedigend‘. Auch für 'Laufkäfer und Spinnen' stellen sich alle konventionell wirtschaftenden Betriebe als 'problematisch' bis 'unbefriedigend' dar.

Alle biologisch wirtschaftenden Betriebe sind sich in Hinsicht auf den Artenschutz sehr ähnlich. Sie erreichen bei allen Indikatoren mit wenigen Ausnahmen immer gleiche Wertklassen. Sie sind hinsichtlich der Mittelwerte gegenüber der ‚Segetalflora‘ und dem ‚Feldhasen‘ als ‚mäßig‘, hinsichtlich der ‚Feldvögel‘ als ‚problematisch‘ und für 'Laufkäfer und Spinnen' und 'Schwebfliegen' als ‚gut‘ bis ‚sehr gut‘ bewertet worden. Die integrierte Bewirtschaftungsweise ist differenzierter zu betrachten, da für die meisten Indikatoren Werte erzielt werden können, die denen der biologischen gleichkommen. Lediglich 'Feldvögel' und auch 'Schwebfliegen' finden durchweg schlechter geeignete Flächen vor. Auch die konventionell wirtschaftenden Betriebe sind sich hinsichtlich der Lebensraumqualität gegenüber allen Indikatoren sehr ähnlich. Durchweg werden dabei nur sehr geringe Werte erreicht. Selbst die besten 20% der Betriebe sind nicht besser als ‚problematisch‘, die Betriebsmittelwerte fallen sogar immer in die Klasse ‚unbefriedigend‘, mit der Ausnahme von einigen als ‚problematisch‘ zu bezeichnenden Betrieben für die 'Laufkäfer und Spinnen'.

5.5.2.7 Langfristige Wirkungen auf die Artengruppen

In den Tab. 8.3-2 und 8.3-3 sind die Szenarien nach ‚langfristigen‘ Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen beurteilt worden. Dabei kam es, im Gegensatz zum ‚Artenschutz‘, weniger auf den Erhalt besonderer Standortbedingungen an, sondern auf die Häufigkeit von Störungen und Schädigungen z.B. durch Pflanzenschutzmittel. Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurden dabei z.T. nicht als gravierende Störung angesehen, wenn angenommen werden konnte, dass dadurch der Erhalt von Populationen der Indikatoren nicht gefährdet wird.

Gegenüber dem ‚Artenschutz‘ ist bei den ‚langfristigen Wirkungen‘ eine durchgehend günstigere Bewertung der Szenarien zu erkennen, wenn auch die Verteilung ähnlich ist. Die biologisch wirtschaftenden Betriebe werden in den Mittelwerten immer besser beurteilt werden als die anderen beiden Bewirtschaftungsweisen, lediglich bei den 'Feldvögeln' sind die

Werte aller Produktionsrichtungen ähnlich. Die integriert wirtschaftenden Betriebe werden hinsichtlich der 'Laufkäfer und Spinnen' und in der zusammenfassenden Wertung ('Gesamtwertung') etwas besser beurteilt als die konventionellen Betriebe, hinsichtlich der 'Segetalflora', den 'Feldvögeln' und den 'Schwebfliegen' sind sie gleich ungeeignet. Dagegen entsteht bei der Betrachtung der jeweils geeignetsten Ackerfläche ein differenzierteres Bild (Tab. 8.3-3). Alle Indikatoren finden in biologisch wirtschaftenden Betrieben sehr viel geeignetere Flächen als in den anderen Bewirtschaftungsweisen. Eine Ausnahme stellen die 'Feldmäuse' dar, hier ist der Unterschied zwischen den Bewirtschaftungsweisen nicht deutlich. 'Feldvögel' finden auch auf biologisch wirtschaftenden Betrieben bestenfalls ‚problematische‘ Flächen vor.

Tab. 5.5.2-10: Lebensraumqualität von 132 Betriebstypen für biotische Indikatoren

Bewertung der landwirtschaftlichen Maßnahmen nach **kurz- und langfristigen Wirkungen sowie solche auf den Artenschutz**

Die Bewertung erfolgt für die **Mittelwerte der Flächen** pro Betrieb

Anzahl der Betriebe in Wertklassen von 'sehr gut' (<2,5) bis 'unbefriedigend' (>4,0)

Gruppierung der Betriebe in

a) Verwendung von transgenen Sorten (ja, nein: je 66)

b) Produktionsweise (biologisch, integriert, konventionell: je 44)

Indikator und Wertstufe	Anzahl der Betriebe		Produktionsweise		
	transgene Sorten nein	ja	biologische	integriert	konventionelle
Gesamtwertung					
Sehr gut (<2,5)					
Gut (2,5-3,0)					
Mäßig (3,0-3,5)	22	22	44		
Problematisch (3,5-4,0)	3	2		5	
Unbefriedigend (>4,0)	41	42		39	44
Segetalflora					
Sehr gut (<2,5)					
Gut (2,5-3,0)					
Mäßig (3,0-3,5)	21	22	43		
Problematisch (3,5-4,0)	1		1		
Unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44
Feldvögel					
Sehr gut (<2,5)					
Gut (2,5-3,0)					
Mäßig (3,0-3,5)					
Problematisch (3,5-4,0)	15	17	32		
Unbefriedigend (>4,0)	51	49	12	44	44
Feldhase					
Sehr gut (<2,5)					
Gut (2,5-3,0)					
Mäßig (3,0-3,5)	21	22	43		
Problematisch (3,5-4,0)	11	8	1	7	11
Unbefriedigend (>4,0)	34	36		37	33
Laufkäfer / Spinnen					
Sehr gut (<2,5)	7	11	18		
Gut (2,5-3,0)	15	11	26		
Mäßig (3,0-3,5)	3	20		16	7
Problematisch (3,5-4,0)	32	24		27	29
Unbefriedigend (>4,0)	9			1	8
Schwebfliegen					
Sehr gut (<2,5)					
Gut (2,5-3,0)					
Mäßig (3,0-3,5)	22	22	44		
Problematisch (3,5-4,0)					
Unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44
Feldmäuse					

Sehr gut (<2,5)					
Gut (2,5-3,0)	1	1		2	
Mäßig (3,0-3,5)	41	46	19	34	34
Problematisch (3,5-4,0)	24	19	25	8	10
Unbefriedigend (>4,0)					

5.6 Biotische Wirkungen des Anbaus transgener Kulturpflanzen - zusammenfassende Diskussion

Der Anbau transgener Kulturpflanzen kann über die Veränderungen der jeweiligen Anbauverfahren zu Wirkungen auf die Biotopeignung bzw. das Biotoppotenzial von Ackerkulturen führen. Generell sind zwei wesentliche Ursachen der biotischen Wirkungen bzw. Wirkungsrichtungen zu unterscheiden:

- 1) Toleranz gegenüber Pflanzenschutzmitteln und
- 2) Resistenz gegenüber Krankheitserregern oder Schädlingen.

5.6.1 Toleranz der Sorten gegenüber Herbiziden

Die Herbizidtoleranz von Ackerkulturen bewirkt, dass effektiver wirkende Unkrautvernichtungsmittel zeitlich flexibel eingesetzt werden können. Damit ist es in Anbauverfahren von pflanzenschutzmittelresistenten Kulturpflanzen vielfach möglich, selbst bisher schwierig zu bekämpfende Unkrautarten, sogenannte Problemunkräuter, vergleichsweise wirksam zu vernichten. Die Zielerreichung bei der Unkrautbekämpfung ist demzufolge oftmals höher als im vergleichbaren Verfahren ohne gentechnisch induzierte Herbizidtoleranz (Ullrich 1998).

In einigen abgebildeten Anbauverfahren wird die Anzahl an Herbizidapplikationen im Vergleich zum Normalverfahren verringert. Eine Verbesserung der biotischen Situation kann man daraus jedoch nicht ableiten, da in der Regel bei Nutzung von Totalherbiziden eine mindestens ebenso gute, hauptsächlich aber bessere Unkrautbekämpfungswirkung erreicht wird (Ullrich 1998).

In einzelnen Fällen steigt die Anzahl der Applikationen von Totalherbiziden im Vergleich zum nicht resistenten Verfahren. Eine größtmögliche Unkrautbekämpfungswirkung ist dadurch möglich. Es ist anzunehmen, dass sowohl bedingt durch die Applikationshäufigkeit als auch den Totalvernichtungscharakter der eingesetzten Herbizide gänzlich unkrautfreie Bestände auftreten.

Herbizidtoleranzen verursachen im besten Fall ein Gleichbleiben, in der Regel aber eine tendenzielle Abnahme der Biotopeignung der einzelnen Kulturen. Vor allem die Verfahren mit einer erhöhten Applikationsanzahl von Totalherbiziden sind eindeutig als schlechter zu bewerten. Aufgrund der insgesamt sehr bewirtschaftungsintensiven Ackerkulturen wird durch die Bewertung jedoch auch deutlich, dass diese Verschlechterungswirkungen ein relativ eher geringes Ausmaß annehmen. Tatsächlich qualitative Veränderungen der Biotopeignung sind mit Hilfe des hier vorgestellten Bewertungsansatzes nicht nachweisbar.

Fazit zu: Toleranz der Sorten gegenüber Pflanzenschutzmitteln

In den abgebildeten Verfahren hoher Bewirtschaftungsintensität sind die biotischen Negativeffekte herbizidtoleranter Kulturen im Vergleich zu nicht toleranten Fruchtarten im wesentlichen relativ gering. Ursache dafür ist das bereits sehr hohe Intensitätsniveau im Verfahren ohne Herbizidtoleranz. Die durch Nutzung von Totalherbiziden mögliche

vollständige Vernichtung von Ackerunkräutern stellt eine der schwerwiegendsten Störungen der Agrarbiozönose dar. Aufgrund der Bedeutung der Segetalflora als Nettoprimärproduzent mit einer ganzen Reihe von biotischen Funktionen geht diese wesentliche Grundlage für Nahrungsketten etc. der Agrarlandschaft verloren.

Verallgemeinert man die Möglichkeit, vollständig unkrautfreie Kulturpflanzenbestände in den Ackerbaulandschaften zu etablieren, muss man folglich von einer neuen Stufe der Intensivierung der Pflanzenproduktion sprechen. Wenngleich die dadurch verursachten biotischen Veränderungen aufgrund der aktuell bestehenden Intensität als vergleichsweise geringwertig anzunehmen sind, stellt diese neue Effizienz der Unkrautbekämpfung eine neue Qualität in Bewirtschaftungssystemen dar.

Züchtungsfortschritt kann und sollte bei sinnhafter Aufgabenformulierung durchaus auch positive Effekte für die wildlebende Flora und Fauna von Agrarlandschaften bewirken. Biotisch motiviertes Anliegen der Resistenzzüchtung sollte es deshalb eher sein, statt einer Herbizidtoleranz von Kulturpflanzen eine Resistenz gegenüber Unkräutern im Sinne einer verbesserten Konkurrenzfähigkeit der Ackerkulturen zu ermöglichen. Eine effizientere Nährstoff- vor allem Stickstoffausnutzung, die es ermöglichen würde, durch verringerte Nährstoffgaben das Trophieniveau in der Landschaft zu senken, sollte ebenfalls als wichtiges Züchtungsziel gelten. Biotisch bedeutsame Bestandesparameter, wie Lichtdurchlässigkeit und Bestandesdichte, letztlich auch die Schaffung eines biotisch günstigen Mikroklimas im Kulturpflanzenbestand, sollten bedeutsame Züchtungsziele darstellen.

Als visionäres Züchtungsmotto für die Zukunft könnte gelten:

“Eine große Ähre mit dicken Körnern wächst in einem konkurrenzfähigen, lichten Kulturpflanzenbestand, der nur sehr geringe Ansprüche an Nährstoffzuführung, Pflanzenschutz und mechanische Pflege hat und der dabei einen hohen Ertrag dauerhaft sichert”.

5.6.2 Resistenz der Sorten gegenüber Krankheitserregern oder Schädlingen

Die züchterisch induzierten Resistenzen gegenüber Krankheitserregern oder Schädlingen bewirken in der Regel eine Reduzierung der Anzahl einzelner Pflanzenschutzmaßnahmen der Pilz- oder Insektenbekämpfung. In einigen Fällen, wie zum Beispiel bei Körnermais, verursachen sie bei der Insektenbekämpfung den kompletten Wegfall der Applikationen von Insektiziden bzw. Schlupfwespen.

Pilzresistenzen bewirken in der Regel eine Reduzierung der Häufigkeit von Fungizidanwendungen, ohne dass vollständig auf die Applikation dieses Pflanzenschutzmittels verzichtet werden kann. Da die ökologische Wirkung von Fungiziden in der Agrarlandschaft bisher nicht ausreichend bekannt ist, können lediglich sehr ungenaue Aussagen getroffen werden. Vor allem aufgrund der Reduzierung chemisch-synthetischer Spritzmittelaufwendungen sind tendenziell Verbesserungen der biotischen Situation zu erwarten. Vor allem dann, wenn Fungizide mit insektiziden „Nebenwirkungen“ (Basedow 1991) eingespart werden können, sind Verbesserungen der biotischen Situation denkbar. Aber auch die geringe Anzahl an Störungen durch Überfährung der Ackerflächen kann zumindest tendenziell positive Effekte bewirken.

Da jedoch stärkere Negativwirkungen von Fungiziden auf die betrachteten Indikatoren der Agrarbiozönose bisher nicht bekannt sind, wurden vergleichsweise zahlenmäßige geringe resp. eher vorsichtige Bewertungen vorgenommen. Deshalb können deutliche bzw. stärkere Verbesserungen des Biotopwertes von resistenten Kulturen beim Weglassen dieser Maßnahmen nicht erwartet werden.

Aus Sicht der Biotik ist demgegenüber der Verzicht auf Insektizidanwendungen von entsprechend größerer Bedeutung. Bei konventionell erzeugtem Körnermais und Kartoffeln verursacht der alleinige Verzicht auf Insektizide eine deutliche Verbesserung der biotischen Situation. Der mittlere aktuelle Biotopwert verbessert sich um etwa 0,5 Biotopeignungsstufen. Bei Carabiden und Spinnen werden im konventionellen Verfahren die aktuellen Biotopwerte der Einzelindikatoren um fast eine Biotopeignungsstufe verbessert, bei Feldvögeln um 0,6. Insektenresistenzen besitzen demnach ein Potenzial zur Verbesserung der Biotopeignung einzelner Ackerkulturen.

Die positive Wirkung der Insektenresistenz relativiert sich, wenn die Absolutwerte der aktuellen Biotopeignung betrachtet werden. Da diese Form der Resistenz lediglich bei Kulturen Anwendung findet, die allgemein durch ein hohes Maß an biozönosebeeinträchtigenden Bewirtschaftungsmaßnahmen geprägt sind (z.B. Zuckerrüben, Mais) und in der Regel lediglich einen mittleren potenziellen Biotopwert besitzen, ist die tatsächliche Verbesserung der Biotopwirkung als eher gering einzustufen.

Fazit zu: Resistenz der Sorten gegenüber Krankheitserregern oder Schädlingen

Aufgrund der aktuell hohen Bewirtschaftungsintensität in Anbauverfahren von nicht resistenten Sorten wirkt sich der Verzicht auf Insektizidanwendung vergleichsweise gering aus. Außer beim Anbau von Körnermais im konventionellen Verfahren werden durch gentechnisch induzierte Insektenresistenzen keine qualitativen Veränderungen erreicht. Es wird demzufolge deutlich, dass eine aus Sicht der betrachteten biotischen Indikatoren potenziell sinnvolle Insektenresistenz nur dann für die Biotik der Agrarlandschaft tatsächlich wirksam werden kann, wenn das allgemeine Niveau der Bewirtschaftungsintensität bzw. die damit im Zusammenhang stehenden biotischen Effekte der verbleibenden Bewirtschaftungsmaßnahmen reduziert werden.

Werden transgene Sorten in den Produktionsprozess eines Betriebes integriert, so schwächen sich die Unterschiede zu den Betrieben ab, die keine transgenen Sorten anbauen, da die transgenen Kulturpflanzen nur einen Teil der Anbaufläche einnehmen und Verschiebungen in Fruchtfolgen dies nicht kompensieren. Bei keiner der Produktionsrichtungen, weder in der konventionellen noch in der integrierten oder in der biologischen, kommt es in einer Gesamtbewertung für die gewählten Indikatoren der Agrarbiozönosen durch die Einführung transgener Arten zu bedeutsamen Veränderungen. Die Unterschiede zwischen den Produktionsrichtungen bleiben somit erhalten. Während die biologischen Betriebe - mit und ohne Anbau transgener Arten- durchweg die günstigsten sind, lässt sich für den konventionellen und integrierten Betriebstyp feststellen, dass je nach Indikator und Bewertungsaspekt z.T. die Betriebe ohne transgene Arten, z.T. Betriebe mit transgenen Arten bessere Lebensraumqualitäten anzeigen. Eine Schlussfolgerung hieraus kann sein, dass innerhalb dieser Produktionsrichtungen eine hohe Variabilität der Bewirtschaftungsprinzipien in Agrarlandschaften die größten Vorteile bietet. Es wird auch deutlich, dass innerhalb der Gruppen 'biologisch', 'integriert' und 'konventionell' wirtschaftende Betriebe aus biotischer Sicht z.T. sehr unterschiedliche Bedingungen vorherrschen. Insbesondere weisen 'integriert' wirtschaftende Betriebe große Variabilitäten auf.

5.7 Weitere Entwicklungsmöglichkeiten der Bewertungsmethode

Die vorgestellte Methode stellt einen Ansatz zur vergleichenden Bewertung der biotischen Wirkungen von landwirtschaftlichen Anbauverfahren dar, indem die Biotopeignung von Kulturpflanzenbeständen für ausgewählte Arten und Artengruppen abgeschätzt wird. Es ist dies ein Verfahren, welches Tendenzen von Veränderungen der Biotopqualitäten von Ackerflächen durch Analyse und Bewertung der einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen erkennbar machen soll. Dieser Ansatz soll erlauben, einige ökologische Auswirkungen von Produktionstechniken abzuschätzen, bevor sie praktiziert werden. Es ist klar, dass dies eine starke Vereinfachung komplexer Zusammenhänge ist. Leicht lassen sich deshalb wichtige Komponenten von Agrarökosystemen finden, die hier unberücksichtigt bleiben. Beispiele dafür sind:

1. Abgebildet wird lediglich ein Teil der Biozönose. Saprophyten u.a. wichtige Arten bzw. Gruppen, vor allem des Bodens, fehlen.
2. Eine exakte, in zahlenmäßige Zusammenhänge überführbare Datenbasis existiert allgemein nicht. Alle Bewertungen sind zwar auf umfangreiche Literaturkenntnis und eigene Erfahrungen gegründet, stellen aber letztendlich Schätzungen dar. Sie können deshalb durchaus im Detail mit Fehlern behaftet sein. Zu den „potenziellen Biotopwerten“ ist de facto kein Untersuchungsergebnis bekannt. Aufgrund des Fruchtarteneinflusses war seine Ableitung bzw. Schätzung jedoch unbedingt notwendig.
3. Die Bewertungsmethode bezieht ausschließlich Indikatorarten ein, die hauptsächlich auf dem Acker leben und sich dort in der Regel erfolgreich vermehren können. Arten der Agrarlandschaft, die Äcker z.B. nur als Nahrungshabitat nutzen, sind nicht gewählt worden. Hier können für einzelne Arten erhebliche Abweichungen bei der Bewertung der Biotopeignung auftreten (z.B. Goldammer sucht im Acker Insekten zur Jungenaufzucht, nistet dort aber nicht).
4. Spezifische Habitatfunktionen, die einzelne Fruchtarten temporär besitzen können, sind nicht berücksichtigt worden. Beispielsweise stellen Silomaisstoppeln im Spätherbst, Winter und im zeitigen Frühjahr wichtige Rastplätze für Saatgänse und Kraniche dar. Junger Winterraps ist eine bedeutsame Äsung für Großtrappen.
5. Die Funktion von einzelnen Ökosystemkomponenten wie z.B. bestimmten Segetalarten für andere Arten, z.B. Phytophage, wird nicht ausreichend berücksichtigt.
6. Raum-zeitliche Aspekte der Flächennutzung werden nicht abgedeckt. Sie ist primär zur Bewertung des Bewirtschaftungseinflusses der betrachteten Ackerkulturen nutzbar.
7. Besondere ökologische Probleme beim Anbau transgener Sorten, wie Genübertragung, Resistenzbildung bei Schaderregern etc. werden nicht berücksichtigt.

So berechtigt es auch sein mag, auf diese Unvollständigkeiten hinzuweisen, so stellen sie unserer Meinung nach den methodischen Ansatz und auch die Ergebnisse nicht im Grundsatz in Frage:

- Die Methode muss an der oben formulierten Zielsetzung gemessen werden. Es ist weder die Absicht, alle wichtigen ökologischen Auswirkungen landwirtschaftlicher Produktionsverfahren zu erfassen und zu bewerten noch alle Einzelfälle der betrachteten Indikatoren und Verfahren genau abzubilden.
- Weitere wichtige Zusammenhänge, wie z.B. zusätzliche Indikatoren, die Biotopqualität für Bodenorganismen, Auswirkungen raum-zeitlicher Muster der Nutzung in der Landschaft etc., lassen sich in den hier vorgestellten Ansatz integrieren.

Die Vorzüge der hier entwickelten Methode lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Das Verfahren ist einfach, transparent und modular.

- Die Abschätzungen und Bewertungen erfolgten nach der Datenlage und nach Expertenwissen und -erfahrung. Sie integrieren sowohl biologisch-ökologisches als auch landwirtschaftlich-standortkundliches Wissen. Neue Erkenntnisse können eingepasst werden, bzw. es können weitere Differenzierungen vorgenommen werden.
- Mit dieser Methoden lassen sich Hypothesen formulieren, die durch Felduntersuchungen zu testen sind. Und es zeigen sich offensichtliche Lücken im empirischen Wissen, deren Schließung besonders wichtig erscheint.

6 Gesamtzusammenfassung

6.1 Überblick

Die Einführung neuer Techniken der landwirtschaftlichen Produktion kann Auswirkungen auf ökologische Zustände oder Funktionen in den Agrarlandschaften haben. Eine vorausschauende Folgenabschätzung ist somit vor einer breiten Anwendung solcher neuen Techniken erforderlich, dies besonders, um die Bedeutung neuer Produktionstechnologien oder Anbausysteme für das Konzept der 'Nachhaltigen Entwicklung' einordnen zu können.

In einer theoretischen Studie wurden für ausgewählte Umweltqualitätsziele die Auswirkungen der Einführung von transgen gezüchteten Kulturpflanzen in die Ackerproduktion untersucht. Als Gegenstand der Untersuchung galten neue Sorteneigenschaften mit Toleranz der Kulturpflanze gegen spezielle Totalherbizide (bei Mais, Raps, Zuckerrüben) sowie Resistenz der Kulturpflanze gegen Schadinsekten (Kartoffelkäfer bei Kartoffeln, Zünsler bei Mais) bzw. Resistenz gegen Schadpilze (Braunrost bei Weizen, Phytophthora bei Kartoffeln).

Für einzelne Arten von Ackerbiozöosen und für deren Lebensräume sowie für die Effizienz der Energienutzung in der Pflanzenproduktion wurde auf der Ebene von Kulturpflanzenarten sowie auf der Ebene ganzer Betriebe abgeschätzt, welche Unterschiede zwischen einer Ackerproduktion mit (GVO) bzw. einer ohne (NGVO) transgene Sorten bestehen. Grundlage sind betriebswirtschaftlich definierte Anbausysteme bzw. ganze Betriebe der Bewirtschaftungsweisen 'biologischer Landbau', 'integrierter Landbau' und 'konventioneller Landbau' der Schweiz. Verglichen wurden dabei als Ausgangsszenario die Marktbedingungen im Jahr 1998 sowie Bedingungen, die für das Jahr 2003 unterstellt wurden.

Die Wirkung des Anbaus transgener Sorten auf abiotische Ressourcen wird integrativ anhand der Energieeffizienz der Pflanzenproduktion ermittelt. Der Anbau transgener Sorten kann – bei Betrachtung der einzelnen Kulturpflanzenart – in vielen Fällen eine Steigerung der Energieeffizienz in der Pflanzenproduktion bewirken.

Erfolgt eine Gesamtbetrachtung der Energieeffizienz auf Betriebsebene, so können die unterschiedlichen Anbauverhältnisse von transgenen und nicht transgenen Sorten bewirken, dass Veränderungen in der Energieeffizienz auf Gesamtbetriebsebene gering sind oder gänzlich ausbleiben. Ursachen für diese unterschiedlichen Anbauverhältnisse sind die relativen wirtschaftlichen Vorzügen einzelner Kulturpflanzenarten bzw. NGVO- / GVO-Sorten für den landwirtschaftlichen Betrieb. Dieser optimiert die Anbauverhältnisse entsprechend den ökonomischen Rahmenbedingungen und den jeweils erwirtschaftbaren Erlösen aller Früchte.

Besonders herbizidtolerante und insektenresistente Sorten führen zu veränderten Biotopqualitäten der Kulturpflanzenbestände. Verstärkter Herbizideinsatz bei toleranten Sorten senkt die Biotopqualität (Tab. 6.1). Insektenresistenz kann im Mittel der Kulturen sowohl in den integrierten, vor allem aber in den konventionellen Verfahren eine Verbesserung ihrer Biotopeignung bewirken.

Die deutlichsten Effekte sind in konventionellen und integrierten Verfahren zu erwarten (Tab. 6.1), innerhalb der biologischen Verfahren werden bei Nutzung von GVO für die betrachteten Indikatoren vergleichsweise geringe Biozönoseeffekte angenommen. Allerdings bleiben die Produktionsverfahren in den gleichen (überwiegend schlechteren) Biotopeignungsstufen.

Tabelle 6.1.: Mittlerer Einfluss des Anbaus von transgenen Sorten (GVO) im Vergleich zu herkömmlichen Sorten auf die Lebensraumeignung von Ackerflächen in unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen

Resistenzform (GVO)	Bewirtschaftungsweise		
	konventionell	integriert	biologisch
Herbizidtoleranz (Mittelwert von Zuckerrüben, Winterraps, Silo- und Körnermais)	geringe Verschlechterung innerhalb BES „unbefriedigend“	stärkere Verschlechterung innerhalb BES „unbefriedigend“ auf das Niveau von konventionell	(nicht eingesetzt)
Insektenresistenz (Mittelwert von Kartoffeln, Silo- und Körnermais)	stärkere Verbesserung von BES „unbefriedigend“ zu BES „problematisch“	geringe Verbesserung innerhalb BES „unbefriedigend“	keine Veränderung innerhalb BES „problematisch“
Pilzresistenz (Mittelwert von Winterweizen und Kartoffeln)	Geringe Verbesserung von BES „unbefriedigend“ zu BES „problematisch“	geringe Verbesserung innerhalb BES „problematisch“	keine Veränderung innerhalb BES „mäßig“

BES: Biotopeignungsstufe

Schlussfolgerungen:

Bezüglich der beiden Ausgangshypothesen (Kap. 3.1.1 und 3.1.2) können somit folgende Aussagen gemacht werden:

- I) *Der Einsatz transgener Sorten in den Anbauverfahren von pflanzenbaulichen Produktionssystemen der Landwirtschaft kann für die einzelne Kulturpflanzenart zu einer höheren Effizienz im Einsatz von Energie führen (besonders bei Insekten- und Pilzresistenz). Jedoch kann sich unter Praxisbedingungen nur in einigen Fällen die höhere Energieeffizienz auch auf gesamtbetrieblicher Ebene durchsetzen, da in der Regel nicht alle Kulturarten des Betriebes transgene Sorten mit vergleichbaren (Resistenz- und Ertrags-) Leistungen darstellen.*
(somit kann Hypothese I¹ nicht abgelehnt werden).
- II) *Der Einsatz transgener Sorten in den Anbauverfahren von pflanzenbaulichen Produktionssystemen der Landwirtschaft verringert nur in wenigen Fällen die negative Wirkungen der ackerbaulichen Landnutzung auf Arten und Lebensraumqualität für Zönosen der Ackerbiotope. Diese verbleiben auf hohem, schlechtem Ausgangsniveau der biotischen Qualität. Dies gilt für die Betrachtung als einzelne Kulturpflanzenart (Systemgrenze = Einzelschlag) sowie für den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb.*
(somit kann Hypothese II² nicht gänzlich abgelehnt werden).

¹ Hypothese I: Der Einsatz transgener Sorten in den Anbauverfahren von pflanzenbaulichen Produktionsverfahren der Landwirtschaft führt zu höherer Effizienz im Einsatz von Energie.

² Hypothese II: Der Einsatz transgener Sorten in den Anbauverfahren von pflanzenbaulichen Produktionssystemen der Landwirtschaft verringert negative Wirkungen der ackerbaulichen Landnutzung auf Arten und Lebensraumqualität für Zönosen der Ackerbiotope.

Ausblick

Die in der Studie neu entwickelte Methode zur Abschätzung der Auswirkungen unterschiedlicher Anbauverfahren und Produktionssysteme auf biologische Kenngrößen der Agrarökosysteme erlaubt einen flexiblen Einsatz in der ökologischen Technikfolgenabschätzung zur landwirtschaftlichen Bodennutzung. Der Einsatz dieser Methodik und der entwickelten Algorithmen ist nicht auf die Nutzung in der Abschätzung von transgenen Kulturpflanzenarten beschränkt. Eine solche Fragestellung stellt nur eine – zudem sehr aktuelle – Möglichkeit in der Abschätzung der biotischen Wirkungen von Produktionstechnologie des Pflanzenbaus dar.

6.2 Darstellung von Details

zur Abiotik:

Als integratives Beurteilungskriterium für die Nutzung abiotischer Ressourcen wurde die Energieeffizienz der Pflanzenproduktion herangezogen (Verhältnis aus in Biomasse erzeugter Energie zu insgesamt eingesetzter Energie).

- Werden die transgen gezüchteten Sorten der Kulturpflanzenarten ausschließlich in der Verfahrensebene betrachtet (d.h. Systemgrenze = Einzelschlag), dann erhöhen Sorten mit Resistenzeigenschaften gegen Insekten und Schadpilze bei Kartoffeln und Mais die Energieeffizienz weitestgehend unabhängig von der Bewirtschaftungsweise.
- Die relative Steigerung der Energieeffizienz in der Pflanzenproduktion ist durch Anbau einzelner transgener Kulturpflanzenarten bei biologischer Bewirtschaftung höher als bei integrierter Bewirtschaftung, und diese ist höher als bei konventioneller Bewirtschaftung.
- Die Verwendung transgener Sorten führt auf Betriebsebene – im Vergleich zum Anbau von ausschließlich konventionell gezüchteten Sorten mit fehlenden Resistenzeigenschaften - in der Ausgangssituation des Jahres 1998 bei allen Bewirtschaftungsweisen zu einer Steigerung der Energieeffizienz (Abb. 6.2).
- Die bessere Verwertung der eingesetzten Energie beim Anbau transgener Sorten verringert sich gegenüber dem Anbau konventioneller Sorten auf der Betriebsebene, wenn im Zukunftsszenario 'Jahr 2003' die Anbauverhältnisse der Kulturpflanzenarten sich in den landwirtschaftlichen Betrieben ändern. Die ohnehin schlechte Energieeffizienz der Betriebe des biologischen Landbaus verringert sich beim Anbau konventionell gezüchteter Sorten weiter (Abb. 6.2).

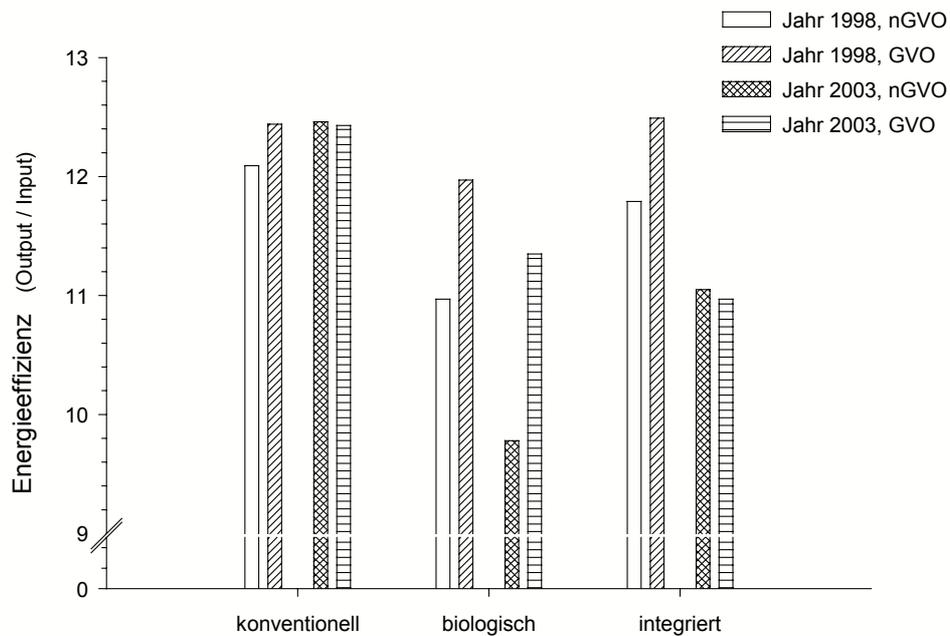


Abb. 6.2: Einfluss der Bewirtschaftungsweise und des Anbauverfahrens [mit (= GVO) bzw. ohne (= NGVO) transgenen Sorten] auf das Verhältnis der in Form von Biomasse erzeugten Energie zum Energieeinsatz in der Produktion (Energieeffizienz) [Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenstufen]

zur Biotik:

Mit einer neu entwickelten Abschätzungsmethode konnte die Wirkung des Anbaus mit und ohne transgene Sorten auf den Lebensraum Acker bzw. auf ausgewählte tierische Organismen ermittelt werden.

Aus Sicht des Schutzes der Lebensraumfunktion von Ackerbaulandschaften bewirkt die Einführung transgener Sorten keine generellen Vorteile, wenn auch die Reduzierung von Pflanzenschutzmittelanwendungen in einzelnen Anbausystemen zu Verbesserungen führen kann:

- Toleranz bei Kulturpflanzen gegenüber Totalherbiziden führt durch geänderte Herbizideinsätze zu einer mindestens tendenziell stärkeren Beeinträchtigung der Lebensraumqualität für Komponenten der Agrarbiozöten.
- Innerhalb der integrierten und insbesondere in biologischen Verfahren sind bei insektenresistenten Sorten im Durchschnitt geringfügige Verbesserungen anzunehmen. Tatsächlich qualitative Verbesserungen sind am ehesten durch die Nutzung von Insektenresistenzen innerhalb konventioneller Produktionsverfahren möglich.
- Deutliche positive Wirkungen können für die Artengruppe Laufkäfer/Spinnen durch den Anbau von insektenresistenten Kartoffel- und Körnermaissorten ermittelt werden (Bewirtschaftungsweisen: 'konventionell' und 'integriert').

- Der Anbau von pilzresistenten Sorten verändert die – ohnehin ungünstige - biotische Qualitätssituation für die Agrarbiozöten in den Äckern nicht.
- Bei keiner der Bewirtschaftungsweisen, weder in der konventionellen, noch in der integrierten oder in der biologischen, führt die Anwendung der hier geprüften transgenen Sorten zu bedeutsamen Veränderungen für die Biotik. Die Unterschiede in der Wirkung auf die Qualität der biologischen Umwelt bleiben somit zwischen den Bewirtschaftungsweisen erhalten.

Herbizidtolerante Sorten

Die Anzahl an Herbizidapplikationen kann bei herbizidtoleranten Sorten im Vergleich zum Normalverfahren z.T. verringert sein. Dies bewirkt jedoch im besten Fall ein Gleichbleiben, in der Regel aber eine tendenzielle Verschlechterung der Biotopeignung der Kulturpflanzenbestände (Tab. 6.2-1). Der bei herbizidtoleranten GVO-Sorten bessere Bekämpfungserfolg durch Einsatz unspezifischer Herbizide verschlechtert bei den zuvor etwas günstiger bewerteten integrierten Bewirtschaftungsweisen im Vergleich zu konventionellen Verfahren die Biotopsituation (Tab. 6.2-1). Da auch im integrierten Anbau mit GVO-Sorten neben der effizienten chemischen Unkrautbekämpfung zusätzliche mechanische Störungen erfolgen, z.B. Hacken, verschlechtert sich der Biotopwert des integrierten Verfahrens stärker als der des Verfahrens von GVO-konventionell. Die Nutzung transgen induzierter Herbizidtoleranz ist demzufolge vor allem in integrierten Verfahren besonders nachteilig. Anhand des bewirtschaftungsintensiven Körnermais- und Zuckerrübenanbaus wird jedoch auch deutlich, dass diese Verschlechterungswirkungen ein, relativ gesehen, nur geringes Ausmaß annehmen. Tatsächliche qualitative Veränderungen der Biotopeignung sind kaum nachweisbar, da die betrachteten Kulturen in den Biotopeignungsgruppen „unbefriedigend“ oder auch „problematisch“ verbleiben. Lediglich für Silomais (integriert) wurde eine deutliche Verschlechterung von „problematisch“ zu „unbefriedigend“ ermittelt (Tab. 6.2).

Tabelle 6.2-1: Biotopqualität von Beständen nicht transgener Kulturpflanzensorten (nGVO) für ausgewählte biotische Indikatoren und ihre Veränderungstendenz bei Anbau von Sorten mit transgener Herbizidtoleranz (GVO)

Fruchtart	Indikator	Bewirtschaftungsweise					
		konventionell			integriert		
		nGVO	Tendenz	GVO	nGVO	Tendenz	GVO
Zuckerrüben	Segetalflora	u	↔	u	u	↓↓	u
	Feldvögel	u	↔	u	u	↓↓	u
	Feldmaus	m	↔	m	m	↔	m
	Feldhase	u	↔	u	u	↓↓	u
	Laufk./ Spinnen	u	↔	u	u	↔	u
	Schwebfliegen	u	↔	u	u	↓↓	u
	Mittelwert	u	↔	u	u	↓↓	u
Winterraps	Segetalflora	u	↔	u	u	↓	u
	Feldvögel	u	↔	u	u	↔	u
	Feldmaus	p	↔	p	g	↔	g
	Feldhase	p	↔	p	m	↓↓	p
	Laufk./ Spinnen	u	↔	u	u	↔	u
	Schwebfliegen	u	↔	u	U	↔	u
	Mittelwert	u	↔	u	P	↓	p
Silomais	Segetalflora	u	↓	u	U	↓	u
	Feldvögel	u	↔	u	U	↔	u
	Feldmaus	p	↔	p	P	↔	p
	Feldhase	p	↓	p	u	↓	u
	Laufk./ Spinnen	m	↓	m	m	↓	m
	Schwebfliegen	u	↓	u	u	↓	u
	Mittelwert	p	↓	p	p	↓	u
Körnermais	Segetalflora	u	↓↓	u	u	↓↓	u
	Feldvögel	u	↔	u	u	↓	u
	Feldmaus	p	↔	p	p	↔	p
	Feldhase	u	↔	u	u	↓↓	u
	Laufk./ Spinnen	u	↔	u	u	↓↓	u
	Schwebfliegen	u	↔	u	u	↓↓	s
	Mittelwert	u	↓	u	u	↓↓	u

Legende: nGVO/GVO: Anbau nicht-/ gentechnisch veränderter Organismen, d.h. Kulturpflanzensorten Tendenz: Tendenz und Grad der Veränderung bei Nutzung von nGVO statt GVO ↔ ... keine zahlenmäßige Änderung; ↓/↓↓ .geringe/starke Verschlechterung ↑/↑↑... geringe/starke Verbesserung Stufen der Biotopeignung: sg ... sehr gut; g ... gut, m ... mäßig; p ... problematisch; u... unbefriedigend Fett: Paare, bei denen sich bedeutsame Veränderungen der Biotopqualität ergeben

Insektenresistente Sorten

Ein Verzicht auf Insektizidanwendungen ist für die Lebensraumeignung von Kulturpflanzenbeständen für typische Vertreter der Agrarbiozöosen von sehr großer Bedeutung. Bei konventionell gezüchtetem Körnermais und Kartoffeln verbessert die Nichtanwendung von Insektiziden durch Anbau von GVO-Sorten die Biotopwerte dieser Pflanzenbestände deutlich. Dies gilt insbesondere für Laufkäfer und Spinnen sowie für Feldvögel (Tab. 6.2-2). Der Anbau insektenresistenter Sorten besitzt demnach ein gewisses Potenzial zur Verbesserung der Lebensraumeignung einzelner Ackerkulturen.

Durch die allgemein hohe Bewirtschaftungsintensität der betreffenden Kulturarten (Mais, Kartoffeln) relativiert sich allerdings die positive Wirkung der Insektenresistenz stark. Dabei wird deutlich, dass durch die Nutzung insektenresistenter Kulturpflanzen lediglich in den konventionellen Verfahren von Körnermais und Kartoffeln eine qualitative Verbesserung (von „unbefriedigend“ zu „problematisch“) möglich ist (Tab. 6.2-2). Bei Laufkäfern und Spinnen wird dagegen eine Biotopeignung von „mäßig“ und damit eine bedeutsame Verbesserung erreicht.

Die integrierten Verfahren von Körnermais und Kartoffeln werden trotz Verbesserung der Biotopwerte weiterhin als „unbefriedigend“ eingestuft (Tab. 6.2-2). Verursacht wird dies durch nur geringere Einsparungen bei Insektiziden sowie zusätzliche Störungen, z.B. durch mechanische Bestandespflege. Eine aus Sicht der betrachteten Indikatoren potenziell sinnvolle Insektenresistenz kann somit nur dann die Lebensraumqualität in Agrarlandschaft erhöhen, wenn das allgemeine Niveau der Bewirtschaftungsintensität und die damit im Zusammenhang stehenden Negativ-Effekte auf die Biozöosen der Ackerflächen reduziert würden.

Tabelle 6.3: Biotopqualität von Beständen nicht transgener Kulturpflanzensorten (nGVO) für biotische Indikatoren und ihre Veränderungstendenz bei Anbau von Sorten mit transgener Insektenresistenz (GVO)

Fruchtart	Indikator	Bewirtschaftungsweise								
		konventionell			integriert			biologisch		
		nGVO	Ten- denz	GVO	nGVO	Ten- denz	GVO	nGVO	Ten- denz	GVO
Silomais	Segetalflora	u	↔	u	u	↔	u	m	↔	m
	Feldvögel	u	↔	u	u	↔	u	u	↔	u
	Feldmaus	p	↔	p	p	↔	p	p	↔	p
	Feldhase	p	↔	p	u	↔	u	u	↔	u
	Laufk./Spinnen	m	↔	m	p	↔	p	g	↔	g
	Schwebfliegen	u	↔	u	u	↔	u	m	↔	m

	Mittelwert	p	↔	p	p	↔	p	p	↔	p
Körnermaiss	Segetalflora	u	↑	u	u	↔	u	m	↔	m
	Feldvögel	u	↑↑	u	u	↔	u	u	↔	u
	Feldmaus	p	↔	p	p	↔	p	p	↔	p
	Feldhase	u	↑	p	u	↔	u	u	↔	u
	Laufk./Spinnen	u	↑↑	m	u	↑↑	m	g	↔	g
	Schwebfliegen	u	↑↑	u	u	↔	u	m	↔	m
	Mittelwert	u	↑↑	p	u	↑↑	u	p	↔	p
Kartoffeln	Segetalflora	u	↑↑	u	u	↔	u	m	↔	m
	Feldvögel	u	↑	u	u	↑↑	u	u	↔	u
	Feldmaus	p	↔	p	p	↔	p	p	↔	p
	Feldhase	u	↔	U	u	↑	u	u	↔	u
	Laufk./Spinnen	u	↑↑	M	u	↑↑	m	m	↔	m
	Schwebfliegen	u	↑↑	U	u	↑↑	u	m	↔	m
	Mittelwert	u	↑↑	P	u	↑↑	u	p	↔	p

Legende:
nGVO/GVO: Anbau nicht-/ gentechnisch veränderter Organismen, d.h. Kulturpflanzensorten
Tendenz: Tendenz und Grad der Veränderung bei Nutzung von nGVO statt GVO
↔ ... keine zahlenmäßige Änderung; ↓/↓↓ .geringe/starke Verschlechterung ↑/↑↑... geringe/starke Verbesserung
Stufen der Biotop eignung: sg ... sehr gut; g ... gut, m ... mäßig; p ... problematisch; u... unbefriedigend
Fett: Paare, bei denen sich bedeutsame Veränderungen der Biotopqualität ergeben

Pilzresistente Sorten

Bei Anbau pilzresistenter Winterweizen- und Kartoffelsorten sind durch die Reduktion von Fungizidanwendung geringe positive biozönotische Effekte auf die Indikatoren zu verzeichnen (Tab. 6.2-3). Im Mittel werden Biotopwerte erreicht, die in den Bewirtschaftungsweisen konventionell und integriert eine Verbesserung der Einstufung von „unbefriedigend“ zu „problematisch“ ermöglichen.

In den betrachteten Fruchtarten Winterweizen und Kartoffeln tritt allerdings eine große Streuung bei den einzelnen Indikatoren um diese mittlere Einstufung auf. Die konventionellen wie auch die integrierten Verfahren ohne und mit pilzresistenten Sorten werden hinsichtlich ihrer Biotopwirkung jeweils als qualitativ gleich bewertet. Die biologischen Verfahren sind davon deutlich unterschieden. Sie verbleiben einheitlich in der Gruppe „mäßig“, wobei auch hier die Qualität für die einzelnen Indikatoren sehr unterschiedlich ist.

Tabelle 6.2-3: Biotopqualität von Beständen nicht transgener Kulturpflanzensorten (nGVO) für biotische Indikatoren und ihre Veränderungstendenz bei Anbau von Sorten mit transgener Resistenz gegen Pilzkrankheiten(GVO)

Fruchtart	Indikator	Bewirtschaftungsweise								
		konventionell			integriert			biologisch		
		nGVO	Ten- denz	GVO	nGVO	Ten- denz	GVO	nGVO	Ten- denz	GVO
Winterweizen	Segetalflora	u	↔	u	u	↔	u	g	↔	g
	Feldvögel	p	↔	p	p	↔	p	m	↔	m

	Feldmaus	m	↔	m	m	↔	m	m	↔	m
	Feldhase	m	↔	m	g	↔	g	g	↔	g
	Laufkäfer/ Spinnen	g	↔	g	g	↔	g	sg	↔	sg
	Schwebfliegen	u	↔	u	u	↔	u	g	↔	g
	Mittelwert	p	↔	p	m	↔	m	g	↔	g
Kartoffeln	Segetalflora	u	↔	u	u	↔	u	m	↔	m
	Feldvögel	u	↔	u	u	↑↑	u	u	↔	u
	Feldmaus	p	↔	p	p	↔	p	p	↔	p
	Feldhase	u	↔	u	u	↔	u	p	↔	p
	Laufkäfer/ Spinnen	u	↑↑	u	u	↑↑	u	m	↔	m
	Schwebfliegen	u	↑↑	u	u	↑↑	u	m	↔	m
	Mittelwert	u	↑	u	u	↑↑	u	p	↔	p

Legende:

NGVO/GVO: Anbau nicht-/ genetisch veränderter Organismen, d.h. Kulturpflanzensorten

Tendenz: Tendenz und Grad der Veränderung bei Nutzung von nGVO statt GVO

↔ ... keine zahlenmäßige Änderung; ↓/↓↓ .geringe/starke Verschlechterung ↑/↑↑... geringe/starke Verbesserung

Stufen der Biotopeignung: sg ... sehr gut; g ... gut, m ... mäßig; p ... problematisch; u... unbefriedigend

Fett: Paare, bei denen sich bedeutsame Veränderungen der Biotopqualität ergeben

Integrierende Betrachtung auf Betriebsebene

Die Lebensraumqualität der Kulturen für die gewählten biotischen Indikatoren ändert sich auf Betriebsebene in den Bewirtschaftungsweisen ‚biologisch‘, ‚integriert‘ und ‚konventionell‘ durch die Einführung transgener Kulturarten uneinheitlich, insgesamt aber nur gering (Tab. 6.2-4). Die mittlere Lebensraumqualität unterscheidet sich nur wenig innerhalb einer Bewirtschaftungsweise zwischen Betrieben ohne bzw. mit transgenen Kulturpflanzen. In den biologisch wirtschaftenden Betrieben ändert sich dabei fast gar nichts. Die sehr geringfügigen Veränderungen fallen dabei zugunsten der Betriebe mit transgenen Sorten aus. In Betrieben mit integrierter Produktion führt der Anbau transgener Sorten ebenfalls zu nur geringen Veränderungen der Lebensraumqualität der Indikatoren. Auch in konventionell wirtschaftenden Betrieben verändert sich die mittlere Lebensraumqualität der Ackerflächen für die Indikatoren nur wenig durch Einführung transgener Sorten. Hier ergibt sich in der Tendenz eine Verbesserung besonders für Laufkäfer und Spinnen (Tab. 6.2-4). Diese Indikatoren reagieren gegenüber der Einführung transgener Sorten am stärksten, die durchschnittliche Lebensraumqualität verbessert sich dabei für diese Gruppen sowohl hinsichtlich der langfristigen Wirkungen als auch des Artenschutzes. Die anderen Indikatoren reagieren wesentlich weniger deutlich. Am geringsten verändert sich die mittlere Lebensraumqualität für den Feldhasen, die Feldmäuse und die Segetalflora. Hinsichtlich der jeweils geeignetsten Flächen in den Betrieben gelten vergleichbare Ergebnisse.

Beim Aspekt ‚Artenschutz‘ werden insbesondere solche Maßnahmen negativ beurteilt, die zu einer Nivellierung und Eutrophierung der bodenseitigen Standortbedingungen führen (Düngung) bzw. durch wenig selektive Pflanzenschutzmittel (besonders Herbizide und Insektizide) große Teile der Ackerbiozönose beeinträchtigen, die dann als Folgewirkung, z.B. als Nahrungsgrundlage für andere Glieder der Biozönose, nicht mehr zur Verfügung stehen. Bei Feldvögeln sind darüber hinaus mechanische Bodenbearbeitungsmaßnahmen während der Brutperiode als negativer Faktor wesentlich.

Deutlich ist die größere Bedeutung der Bewirtschaftungsweise gegenüber der Wirkung des Anbaus transgener Sorten für die Indikatoren zu erkennen (Tab. 6.2-4). Die ‚Artenschutz‘-Mittelwerte lassen im zusammenfassenden Indikator und den meisten einzelnen Indikatoren keinen Unterschied zwischen Betrieben mit und ohne transgene Sorten erkennen. Lediglich für den Indikator ‚Laufkäfer und Spinnen‘ deuten sich in Betrieben mit transgenen Sorten etwas bessere Bedingungen an. Hinsichtlich der günstigsten Flächen für den zusammenfassenden Indikator kommen nur unbefriedigende Situationen in Betriebe mit transgenen Sorten vor.

Bei der Betrachtung langfristiger Wirkungen kommt es, im Gegensatz zum ‚Artenschutz‘, weniger auf den Erhalt besonderer Standortbedingungen an, sondern auf die Häufigkeit von Störungen und Schädigungen durch Pflanzenschutzmittel. Bodenbearbeitungsmaßnahmen wurden dabei z.T. nicht als gravierende Störung angesehen, wenn angenommen werden konnte, dass dadurch der Erhalt der Populationen nicht gefährdet wird. Auch Düngungsmaßnahmen werden hier, im Gegensatz beim Aspekt ‚Artenschutz‘, nicht als negativ angesehen.

Gegenüber dem Aspekt ‚Artenschutz‘ ist bei den ‚langfristigen Wirkungen‘ eine durchgehend günstigere Bewertung der Szenarien zu erkennen, wenn auch die Verteilung ähnlich ist. Die biologisch wirtschaftenden Betriebe werden in allen Fällen wiederum gleichen Klassen zugeordnet (Ausnahme ist die Gesamtwertung bei der geeignetsten Fläche), während die integriert und konventionell wirtschaftenden Betriebe zu unterschiedlichen Klassen gehören. Die biologisch wirtschaftenden Betriebe werden in den Mittelwerten immer besser beurteilt als die mit den anderen beiden Produktionsweisen, lediglich bei den Feldvögeln gibt es einige

Betriebe in der gleichen Wertklasse. Die integriert wirtschaftenden Betriebe werden hinsichtlich der Laufkäfer und Spinnen und in der zusammenfassenden Wertung etwas besser beurteilt als die konventionell wirtschaftenden. Hinsichtlich der Lebensraumeignung für die Segetalflora, der Feldvögel und der Schwebfliegen sind sie gleich unbefriedigend. Dagegen entsteht bei der Betrachtung der jeweils geeignetsten Ackerfläche ein weiter differenziertes Bild. Alle Indikatoren finden in biologisch wirtschaftenden Betrieben sehr viel geeignetere Flächen in den anderen Produktionsformen. Eine Ausnahme stellen die Feldmäuse dar; hier ist der Unterschied zwischen den Produktionsformen nicht deutlich. Bei biologischer Bewirtschaftung finden auch Feldvögel bestenfalls ‚problematische‘ Flächen vor.

Tabelle 6.2-4: Einstufungen der Lebensraumqualität der Indikatoren für Betriebsszenarien

Qualitätskriterium, bezogen auf die Betriebsfläche	Indikator	konventionell			integriert			biologisch		
		nGVO	Tendenz	GVO	nGVO	Tendenz	GVO	nGVO	Tendenz	GVO
Durchschnittliche Lebensraumqualität aller Flächen: Gesamtwertung	Segetalflora	u	↔	u	u	↓	u	m	↑	m
	Feldvögel	u	↔	u	u	↔	u	p	↑	p
	Feldmaus	m	↔	m	m	↔	m	m	↑	m
	Feldhase	p	↔	p	u	↔	u	m	↔	m
	Laufk./Spinnen	p	↑↑	p	p	↑	p	g	↑	g
	Schwebfliegen	u	↔	u	u	↓	u	m	↔	m
	Mittelwert	u	↑	u	u	↔	u	m	↑	m
Geeignetste 20% der Flächen: Gesamtwertung	Segetalflora	u	↔	u	p	↓	p	m	↔	m
	Feldvögel	p	↑	p	p	↔	p	m	↔	m
	Feldmaus	g	↔	g	g	↓	g	g	↔	g
	Feldhase	m	↑	m	g	↓	g	sg	↔	sg
	Laufk./Spinnen	g	↑	g	sg	↓	sg	sg	↔	sg
	Schwebfliegen	u	↔	u	p	↓	p	g	↔	g
	Mittelwert	p	↔	p	m	↓	m	g	↔	g
Durchschnittliche Lebensraumqualität der Flächen: Aspekt Artenschutz	Segetalflora	u	↔	u	u	↑	u	m	↔	m
	Feldvögel	u	↑	u	u	↔	u	p	↔	p
	Feldhase	u	↔	u	u	↓	u	m	↑	m
	Laufk./Spinnen	u	↑	u	u	↑	u	sg	↑	sg
	Schwebfliegen	u	↓	u	u	↔	u	g	↔	g
	Mittelwert	u	↔	u	u	↔	u	m	↑	m
Geeignetste 20% der Flächen: Aspekt Artenschutz	Segetalflora	u	↔	u	p	↑↑	g	g	↔	g
	Feldvögel	u	↔	u	u	↔	u	g	↔	g

Flächen: Aspekt <i>Artenschutz</i>	Feldhase	u	↔	u	g	↔	g	sg	↔	sg
	Laufk./ Spinnen	m	↔	m	m	↓	m	sg	↔	sg
	Schwebfliege n	p	↓↓	u	m	↔	m	g	↔	g
	Mittelwert	p	↔	p	m	↑	m	g	↔	g

Legende:
nGVO/GVO: Anbau nicht-/ gentechnisch veränderte Organismen, d.h. Kulturpflanzensorten
Tendenz: Tendenz und Grad der Veränderung bei Nutzung von nGVO statt GVO
↔ ... keine zahlenmäßige Änderung; ↓/↓↓ .geringe/starke Verschlechterung ↑/↑↑... geringe/starke Verbesserung
Stufen der Biotopeignung: sg ... sehr gut; g ... gut; m ... mäßig; p ... problematisch; u... unbefriedigend
Fett: Paare, bei denen sich bedeutsame Veränderungen der Biotopqualität ergeben
Aspekt 'Artenschutz': Erläuterungen s. Text (Kap. 2.4.1)

7 Zitierte Literatur

BACHFISCHER, R. (1978): Die ökologische Risikoanalyse. Diss. Univ. München

BARTSCH, D. (1996): Welche unerwünschten Folgen für die Umwelt können durch gentechnisch veränderte Zuckerrüben hervorgerufen werden?. In: Umweltbundesamt, Bonn [Hrsg.], Langzeitmonitoring von Umwelteffekten transgener Organismen. Texte des Umweltbundesamtes, 58/98, 99-107

BASEDOW, T. (1987): Der Einfluß gesteigerter Bewirtschaftungsintensität im Getreidebau auf die Laufkäfer (Coleoptera, Carabidae). Auswertung vierzehnjähriger Untersuchungen (1971 – 1984). – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 235: 123 S.; Berlin und Hamburg (Paul Parey).

BASEDOW, T. (1989): Die Bedeutung von Pestizidanwendungen für die Existenz von Tierarten in der Agrarlandschaft. – Schr.-R. f. Landschaftspflege und Naturschutz 29: 151 – 168; Bonn-Bad Godesberg.

BASEDOW, T., C. BRAUN, A. LUHR, J. NAUMANN, T. NORGALL & G.Y. YANES (1991): Abundanz, Biomasse und Artenzahl epigäischer Raubarthropoden auf unterschiedlich intensiv bewirtschafteten Weizen- und Rübenfeldern: Unterschiede und ihre Ursachen. Ergebnisse eines dreistufigen Vergleichs in Hessen, 1985 bis 1988. – Zool. Jb. Syst. 118 (1): 87 – 116.

BERZSENYI, Z., KOPACSI, J., ARENDAS, T., BONIS, P., LAP, D. Q. (1998): Three-years experiences on the efficacy and selectivity of glufosinate-ammonium in transgenic mais. Z. PflKrankh. Pfl.Schutz, Sonderheft XVI, 427-433

BIERHALS, E. et al. (1976): Brachflächen in der Landwirtschaft. Vegetationsentwicklung. Auswirkung auf Landschaftshaushalt und Landschaftserlebnis, Pflegeverfahren. – KTBL-Schrift 195.

BIOLOGISCHE BUNDESANSTALT FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (1978): Erhebung über die von Säugetieren und Vögeln in der Bundesrepublik Deutschland an Kulturpflanzen verursachten Schäden. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft 186: 104 S.; Berlin-Dahlem.

BLAB, J. (1988): Bioindikatoren und Naturschutzplanung. Theoretische Anmerkungen zu einem komplexen Thema.- Natur u.Landschaft 63: 147-149.

BLAB, J. (1990): Zum Indikationspotential von Roten Listen und zur Ermittlung "Regionaler Leitartengruppen" mit landschaftsökologischer Zeigerfunktion.- Schr.R.Landschaftspfl.Naturschutz 32: 121-134.

BUCHS, W. (1994): Auswirkungen der Brache auf die Fauna. – In: FELGENTREU, D. & H.

BECKER (1994): Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen auf den Naturhaushalt. – Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem 303: 41 – 57.

CHRISTEN, O. (1996): Nachhaltige Landwirtschaft ("Sustainable Agriculture") Berichte über Landwirtschaft 74: 66-86.

COBHAM, R., ROWE, J. (1994): Die Bewertung der Tier- und Pflanzenwelt von Agrarlandschaften: Eine Hilfe für den Naturschutz. In: USHER, M.B., ERZ, W. (eds.) Erfassen

und Bewerten im Naturschutz: Probleme – Methoden – Beispiele. Wiesbaden: Quelle und Meyer: 187-211

COSTANZA, R. (ed.) (1991): *Ecological Economics. The science and management of sustainability.* – Columbia Univ. press, New York: 482 S.

GANZERT, C. (1995) Konzeption für eine ökologische Agrarlandschaftsforschung. - *Berichte der ANL*, Beitr. 12, pp. 51-64.

DOBIAS, C. (1998): Der Feldhase: Bio-Indikator mit Löffeln. – In: WILD & HUND EXKLUSIV (1998): *Feldhase und Wildkaninchen – Biologie, Lebensraum, Hege und Jagd* 6: 8 – 19.

DRUMMOND, J. & D. E. PINNOCK (1994): Host spectrum of *Bacillus thuringiensis*. – *Agriculture, Ecosystems and Environment* 49: 15 – 19 (Elsevier).

DWENGER, R. (1991): *DAS REBHUHN - Die Neue Brehm-Bücherei Band 447*, Westarp Wissenschaften Magdeburg: 144 S. (Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, Oxford)

EGGENSCHWILER, C., LEHMANN, B., RUDMANN, C., WOLF, H.P. (1999): Betriebswirtschaftliche Analyse des Einsatzes biologisch-technischen Fortschritts unter Einbezug gentechnischer Varianten. In: *Fachstelle BATS: Biosafety Research and Assessment of Technology Impacts of the Swiss Priority Programme Biotechnology* (Hrsg): *TA-Projekt Nachhaltige Landwirtschaft 1997-1999, Technischer Bericht 3/6*, Basel, 66 S.

ECKERT, H., BREITSCHUH, G. (1994) Kritische Umweltbelastungen Landwirtschaft (KUL) - eine Methode zur Analyse und Bewertung der ökologischen Situation von Landwirtschaftsbetrieben. *Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 38: 149-163

ELLENBERG, H. (1989): Eutrophierung – das gravierendste Problem im Naturschutz? Zur Einführung. – *NNA-Berichte* 2/1: 4 – 8.

ENTWISTLE, P. F.; CORY, J. S.; BAILEY, M. J.; HIGGINS, S. (1993): *Bacillus thuringiensis, An Environmental Biopesticide: Theory and Practice*, John Wiley & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore

EULENSTEIN, F. (1995): Ökologische und sozioökonomische Analyse der Konsequenzen von Nutzungsänderungen: Landschaftsindikator Energie. - In: Bork, H.-R., C. Dalchow, H. Kächele, H.-P. Piorr & K.-O. Wenkel: *Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland unter veränderten Rahmenbedingungen*:264-285; Berlin (Ernst & Sohn).

FARINA, A. (1995): Cultural landscapes and fauna.- in: Droste, B. von, Plachter, H. & Rössler, M. (eds.): *Cultural landscapes of universal value*, pp. 60-79; Jena (Fischer).

FISCHER, S. & R. SCHNEIDER (1996): Die Grauwammer *Emberiza calandra* als Leitart der Agrarlandschaft. - *Vogelwelt* 117 (4 – 6): 225 – 234.

FRANCK-OBERASPACH, S.L., KELLER, B. (1996): Produktesicherheit von krankheits- und schädlingsresistenten Nutzpflanzen: Toxikologie, allergenes Potenzial, Sekundäreffekte und Markergene. In: SCHULTE, E., KÄPPEL, O. [Hrsg.] (1996): *Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen. Eine Option für die Landwirtschaft?* Band 1, 637 Seiten, BATS, Basel, S. 15-100

FÜRST, D., KIEMSTEDT, H., GUSTED, E., RATZBOR, G. L& SCHOLLES, F. (1992): Umweltqualitätsziele für die ökologische Planung.- Umweltbundesamt, Texte 34/92: 351 pp..HAEMISCH, M. & KEHMANN, L. (1992): *Naturschutzbilanzen, definierte*

Umweltqualitätsziele und quantitative Umweltqualitätsstandards im Naturschutz.- Natur u.Landschaft 67: 143-148.

HEIDT, E. & PLACHTER, H. (1996): Bewerten im Naturschutz: Probleme und Wege zu ihrer Lösung.- Beitr.Akad.Natur- und Umweltschutz Bad.-Württ. 23: 193-252 (Stuttgart).

GATTO M. (1995): Sustainability: is it a well defined concept? Ecological Applications 5:1181-1183

GEORGE, K. (1996): Deutsche Landwirtschaft im Spiegel der Vogelwelt. – Vogelwelt 117 (4 – 6): 187 – 197

GEORGE, K. (1996): Habitatnutzung und Bestandessituation der Wachtel Coturnix coturnix in Sachsen-Anhalt. - Vogelwelt 117 (4 – 6): 205 – 211.

GOODLAND R. (1996) Environmental sustainability: universal and non-negotiable. Ecological Applications 6:1002-1017

GRANT, W.E., THOMPSON, P.B. (1997): Integrated ecological models: simulation of socio-cultural constraints on ecological dynamics. Ecological Modelling 100: 43-59.

GREENE M.T. (1997) What cannot be said in science. Nature 388:619-620

HABER, W. (1994): Ist "Nachhaltigkeit" (sustainability) ein tragfähiges ökologisches Konzept? Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 23: 7-17

HÄNI, A., H.U. AMMON & S. KELLER (1990): Vom Nutzen der Unkräuter. – Landw. Schweiz 3: 217 – 221.

HÄNI, F. (1990): Farmin systems research at Ipsach, Switzerland: "Third Way" project. – Schweiz. Landw. Fo. 29: 257 – 271.

HÄNSEL, M. (1989): Gute Überwachung und rechtzeitige Abwehr der Feldmaus schützen Kulturpflanzen und die Umwelt. – Feldwirtschaft 30 (11): 523 – 524.

HANSEN, J. W. (1996): Is Agricultural Sustainability a Useful Concept? Agricultural Systems 50: 117-143

HEYDEMANN, B. & H. MEYER (1982): Auswirkungen der Intensivkultur auf die Fauna in den Agrarbiotopen. – In: Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege (1983): Landespflege und landwirtschaftlich intensiv genutzte Gebiete. Gutachtliche Stellungnahme und Ergebnisse eines Kolloquiums des Deutschen Rates für Landespflege im Mai 1982 42: 174 – 191.

HEYDEMANN, B. (1953): Agrarökologische Problematik (dargetan an Untersuchungen über die Tierwelt der Kulturfelder). – Diss.; Kiel.

JEDICKE, E. (1997): Die Roten Listen : gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotope in Bund und Ländern, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 581 S.

KELLER, S. (1994): Effizienzkontrollen bei Ökologierungsmaßnahmen in der schweizerischen Landwirtschaft aus Sicht der Schädlingsbekämpfung. – Schr.-R. f. Landschaftspflege und Naturschutz 40: 69 – 83; Bonn-Bad Godesberg.

KELLER, S. (1994): Effizienzkontrollen bei Ökologierungsmaßnahmen in der schweizerischen Landwirtschaft aus Sicht der Schädlingsbekämpfung. - In: BLAB, J., E. SCHRÖDER & W. VÖLKL (1994): Effizienzkontrollen im Naturschutz. - Schr.-R. Landschaftspflege und Naturschutz 40: 69 - 83; Bonn-Bad Godesberg (Kilda-Verlag).

KNAUER, N. (1994): Bewertung verschieden intensiver Produktionsverfahren des Pflanzenbaues aus ökologischer Sicht. Berichte über Landwirtschaft, Sonderheft, no 209: 196-211

KNAUER, N. (1997): Rückwirkungen der ackerbaulichen Nutzung auf Standort und Umwelt. In: Keller, E. R., Hanus, H., Heyland, K.-U. (eds.): Handbuch des Pflanzenbaues. Band 1: Grundlagen der Pflanzenproduktion. Verlag E. Ulmer, Stuttgart. 727-769

KORELL, M., SCHITTENHELM, S., WEIGEL, H.-J. (1997): Aufstellen von Kriterien für die nachhaltig umweltgerechte Nutzung gentechnisch veränderter Kulturpflanzensorten. Umweltforschungsplan des Bundesforschungsministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn. - Gentechnik - Forschungsbericht 112 01 029, UBA-FB 98-009

KRETSCHMER, H. (1995): Wieviel Landwirtschaft braucht der Biotop- und Artenschutz? Zeitschr. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 36: 214-221

LÉLÉ S. M. (1991) Sustainable Development: A critical Review. World Development 6: 607-621

LÜTTMANN, J. (1994): Zur Bedeutung von Ackerrainen für die Fauna in Agrarlandschaften. Ein Beitrag zum Biotopverbund. – Beiträge zur räumlichen Planung 40, Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung der Universität Hannover: 127 S.

MEYER-AURICH, A., ZANDER, P., ROTH, R., WERNER, A. (1998): Design of agricultural land strategies appropriate to nature conservation goals and environmental protection in North East Germany. Landscape and Urban Planning 41(2): 119-127

MÜHLENBERG, M., SLOWIK, J. (1997): Kulturlandschaft als Lebensraum. Quelle & Meyer, Wiesbaden. 312 pages

MÜLLER, K.-H., H. NÖSEL & R. SCHLEGELMILCH (1996): Langohr braucht Hilfe. – Unsere Jagd 1/96: 12 – 15.

MÜLLER, L. (1991): Auswirkungen der Extensivierungsförderung auf Wirbellose. Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Supplement 10: 41 – 70.

NENTWIG, W. (1988): Augmentation of beneficial arthropods by strip-management. 1. Succession of predacious and long-term change in the ratio of phytophagous and predacious arthropods in a meadow. Oecologia 76: 597-606

PALLUTH, B., HOMMEL, B. (1998): Konzept und erste Ergebnisse zur Bewertung von Glufosinattolerantem Raps und Mais im Rahmen einer 4-feldrigen Fruchtfolge. Z. PflKrankh. Pfl.Schutz, Sonderheft XVI, 427-433

PLACHTER, H. (1995): Funcional criteria für the assessment of cultural landscapes.- in: Droste, B. von, Plachter, H. & Rössler, M. (eds.): Cultural landscapes of universal value, pp. 393-404; Jena (Fischer).

RIECKEN, U. (1992): Planungsbezogene Bioindikation durch Tierarten und Tiergruppen – Grundlage und Anwendung. – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 36: 187 S.; Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie Bonn-Bad Godesberg.

RUPPERT, V. (1993): Einfluß blütenreicher Feldrandstrukturen auf die Dichte blütenbesuchender Nutzinsekten insbesondere der Syrphinae (Diptera: Syrphidae). – In: NENTWIG, W. & H.-M. POEHLING (1993): Agrarökologie 8: 149 S.; Bern, Stuttgart, Wien (Verlag Paul Haupt).

SRU (1994): RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN - Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung.- 380 pp.; Stuttgart.

SRU (1996): RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN - Konzepte einer dauerhaft umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume. Sondergutachten.- 127 pp. (Deutscher Bundestag, Drucksache 13/4109).

SCHMID, J.E., KÄSER, O., FEIL, B., STAMP, P. (1999): Kriterien für die Pflanzenzüchtung unter besonderer Berücksichtigung des Potenzials der modernen Biotechnologie. In: Fachstelle BATS: Biosafety Research and Assessment of Technology Impacts of the Swiss Priority Programme Biotechnology (Hrsg): TA-Projekt Nachhaltige Landwirtschaft 1997-1999, Technischer Bericht 5/6, Basel, 53 S.

SCHMID, O. & S. HENGGELER (1989): Biologischer Pflanzenschutz im Garten. – 7. Neubearbeitete, erweiterte und neugestaltete Auflage: 270 S.; Stuttgart (Eugen Ulmer).

SCHÜTTE, G. (1995): Pflanzenschutz mit Hilfe der Gentechnik am Beispiel einer virusresistenten Zuckerrübensorte. Denkbare Folgen, Risiken und offene Fragen. In: ALBRECHT, S., BEUSMANN, V. [Hrsg.]. Ökologie transgener Nutzpflanzen. Frankfurt / New York: Campus Verlag 1995 (Gentechnologie – Chancen und Risiken, Band 31)

SCHULTE, E., KÄPPEL, O. [Hrsg.] (1996): Gentechnisch veränderte krankheits- und schädlingsresistente Nutzpflanzen. Eine Option für die Landwirtschaft? Band 1, 637 Seiten, BATS, Basel

SCHUMACHER, W. (1980): Schutz und Erhaltung gefährdeter Ackerwildkräuter durch Integration von landwirtschaftlicher Nutzung und Naturschutz. – Natur und Landschaft 55 (12): 447 – 453 (Verlag W. Kohlhammer).

SCHUMACHER, W. (1998): Ziele des Naturschutzes für agrarisch genutzte Flächen – biotischer Sondergutachten des Rates für Umweltfragen (1996)

Ressourcenschutz. – In: BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1998): Ziele des Naturschutzes und einer nachhaltigen Naturnutzung in Deutschland. – Tagungsband zum Fachgespräch 24. und 25. März 1998: 133 – 138; Bonn.

TISCHLER, W. (1955): Effects of agricultural practice on the soil fauna. – In: Soil Zoology, Hrsg. Keven: 215 – 230.

TISCHLER, W. (1980): Biologie der Kulturlandschaft - Fischer, Stuttgart, 253 S.

TURNER, R. K. (1988): Sustainable Environmental Management. Principles and Practise, London

ULRICH, A., BECKER, R. (1998): Ökologische Auswirkungen der Einführung der Herbizidresistenz(HR)-Technik bei Raps und Mais – Gutachten, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, ZALF in Müncheberg

UMWELTJOURNAL BRANDENBURG (1997): Geschützte Tiere in Brandenburg: Der Europäische Feldhase: S. 16.

WACHMANN, E., R. PLATEN & D. BARNDT (1995): Laufkäfer – Beobachtung, Lebensweise. – 295 S.; Augsburg (Naturbuch-Verlag).

WERNER, A., 1995, Entwicklung und Realisierung nachhaltiger Landnutzungssysteme. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, 36, 202-206

WERNER, A.; MÜLLER, K.; WENKEL, K.-O.; BORK, H.-R., (1997): Partizipative und iterative Planung als Voraussetzung für die Integration ökologischer Ziele in die Landschaftsplanung des ländlichen Raumes. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 38: 209-217

WERNER, A.; BORK, H.-R. (1998): Integrating Diverging Orientors: Sustainable Agriculture: Ecological Targets and Future Land Use Changes. - in: Müller, F., Leupelt, M. [eds]: Eco Targets, Goal Functions and Orientors. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 566-584

WERNER, A. (1999): Demands for implementing sustainable development in land use - outlook. In: Härdtlein, M., Kaltschmitt, M., Lewandowski, I., H. Wurl [Hrsg.]; Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Landwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie und Sozialwissenschaften. E. Schmidt Verlag, Initiativen zum Umweltschutz, Band 15, S. 391-407

WERNER, A., HABERSTOCK, W., BARKUSKY, D., JARFE, A. (1999): Richtige Schlaggrößen aus ökologischer Perspektive. „Virtuelle“ Flurbereinigung schafft flexible Strukturen. In: Bundesverband Lohnunternehmer, Barsinghausen [Hrsg.]. Das Jahrbuch 2000. Verlag E. Beckmann, Lehrte: 90-96

WERNER, A., SEYFARTH, W. (2000): Zur Integration ökologischer Ziele in die agrarische Landschaftsnutzung. Petermann's Geographische Monatshefte 144, 2000/2, S. 6-13

WERNER A., PLACHTER, H., ZANDER, P., MEYER-AURICH, A., ROTH R, PAULY J. (2000): Grundkomponenten für eine Landwirtschaft die auch Naturschutzziele berücksichtigt. - Das Schorfheide-Chorin Projekt -. ATLAS – Zeitschrift für Städtebau und Regionalplanung, Bozen. - im Druck -

ZANDER, P., KÄCHELE, H. (1999): Modelling Multiple Objectives of Land Use for Sustainable Development. Agricultural Systems, 59: 1-15

ZÖRNER, H. (1996): Der Feldhase *Lepus europaeus*. – 2. unveränderte Auflage, Nachdruck der 1. Auflage von 1981. – Die Neue Brehm-Bücherei Band 169, Wesarp Wissenschaften Magdeburg: 172 S. (Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, Oxford).

8 Tabellenanhang

Tab. 8.1-1: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **biologisch wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 und 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche') als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebauten Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es werden hier Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf **langfristige** Wirkungen beschrieben. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: Kurzfristige: 0; langfristige: 1 ; Artenschutz: 0									
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen				
	1998		2003		1998		2003		
Transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	
Segetalflora	2,5	2,5	2,6	2,5	2,9	2,9	3,0	2,9	
Feldvögel	2,8	2,8	2,9	2,8	3,7	3,7	3,8	3,8	
Feldmaus	3,1	2,9	2,1	2,2	3,4	3,3	3,1	3,1	
Feldhase	2,5	2,5	2,2	2,3	3,3	3,2	3,2	3,2	
Laufk./Spinn	2,0	1,9	1,6	1,7	2,4	2,3	2,3	2,3	
Schwebfliege	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	
Mittlerer aktueller Distanzwert	2,6	2,6	2,5	2,5	3,1	3,0	3,0	3,0	

Tab. 8.1-2: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **biologisch wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 und 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche') als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebauten Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es werden hier Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf **gefährdete Arten** betrachtet. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0; langfristige: 0; Artenschutz: 1									
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen				
	1998		2003		1998		2003		
Transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	
Segetalflora	2,8	2,8	2,8	2,8	3,1	3,1	3,1	3,1	
Feldvögel	2,8	2,8	2,9	2,8	3,7	3,7	3,8	3,8	
Feldhase	2,5	2,5	2,2	2,3	3,3	3,2	3,2	3,2	
Laufk./Spinn	2,0	1,9	1,6	1,7	2,4	2,3	2,3	2,3	
Schwebfliege	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7	2,7	
Mittlerer aktueller Biotonwert	2,7	2,6	2,5	2,5	3,1	3,0	3,0	3,0	

Tab. 8.1-3: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **integriert wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 und 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche'), als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebauten Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es werden hier Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf **langfristige** Wirkungen beschrieben. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0; langfristige: 1 ; Artenschutz: 0									
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen				
	1998		2003		1998		2003		
Transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	
Segetalflora	3,5	3,5	3,4	3,5	4,2	4,2	4,3	4,2	
Feldvögel	3,5	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2	4,3	
Feldmaus	2,9	2,9	2,7	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	
Feldhase	2,5	2,5	2,4	2,5	3,9	4,0	4,1	4,1	
Laufk./Spinn	2,2	2,2	2,1	2,3	3,6	3,4	3,5	3,4	
Schwebfliege	3,5	3,5	3,4	3,5	4,3	4,2	4,2	4,2	
Mittlerer aktueller Biotonwert	3,1	3,1	3,0	3,1	3,9	3,9	3,9	3,9	

Tab. 8.1-4: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **integriert wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 und 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche'), als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebauten Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es werden hier Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf **gefährdete Arten** betrachtet. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0; langfristige: 0; Artenschutz: 1									
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen				
	1998		2003		1998		2003		
Transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	
Segetalflora	3,3	2,5	3,8	2,5	4,5	4,3	4,5	4,3	
Feldvögel	4,0	4,0	3,9	4,0	4,5	4,4	4,5	4,5	
Feldhase	2,5	2,5	2,4	2,5	3,9	4,0	4,1	4,1	
Laufk/Spinne	3,3	3,3	2,9	3,1	4,2	4,0	4,0	4,0	
Schwebfliege	3,5	3,5	3,4	3,5	4,5	4,4	4,4	4,4	
Mittlerer aktueller Biotonwert	3,4	3,2	3,4	3,3	4,2	4,1	4,1	4,1	

Tab. 8.1-5: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **konventionell wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 und 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche'), als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebauten Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es werden hier Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf **langfristige** Wirkungen beschrieben. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0; langfristige: 1 ; Artenschutz: 0									
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen				
	1998		2003		1998		2003		
Transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja	
Segetalflora	3,5	3,5	3,9	3,7	4,2	4,2	4,2	4,3	
Feldvögel	3,5	3,5	3,9	3,7	4,3	4,2	4,4	4,2	
Feldmaus	2,8	2,9	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	
Feldhase	4,3	4,3	4,3	4,3	4,5	4,5	4,5	4,5	
Laufk./Spinn	2,3	2,3	2,6	2,4	3,7	3,5	3,7	3,4	
Schwebfliege	4,0	4,0	4,2	4,1	4,6	4,4	4,6	4,4	
Mittlerer aktueller Distanzwert	3,5	3,5	3,7	3,6	4,1	4,0	4,1	4,0	

Tab. 8.1-6: Abschätzung der Auswirkung ackerbaulicher Produktion in **konventionell wirtschaftenden** landwirtschaftlichen Betrieben auf verschiedene biotische Indikatoren anhand von Indexzahlen (Schätzverfahren s. Text) in verschiedenen Szenarien: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen 1998 und 2003, jeweils ohne ('nein') bzw. mit ('ja') Verwendung transgener Sorten.

Dargestellt sind sowohl die Werte der Kulturarten, die für den Indikator am günstigsten sind ('20% geeignetste Fläche'), als auch der flächengewichtete Mittelwert von allen angebaute Kulturen in den Szenarien ('durchschnittliche Qualität'). Schätzverfahren siehe Text. Die Werte können zwischen 1 (optimaler Lebensraum) und 5 (pessimaler Lebensraum) liegen. Es werden hier Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf **gefährdete Arten** betrachtet. Mittelwerte über 11 Betriebsgrößenklassen (Weitere Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0; langfristige: 0; Artenschutz: 1								
Rahmen- bedingungen	jeweils die geeignetsten 20% der Fläche				durchschnittliche Qualität aller Flächen			
	1998		2003		1998		2003	
Transgene Sorten	nein	ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja
Segetalflora	4,3	4,5	4,4	4,4	4,8	4,8	4,8	4,8
Feldvögel	3,9	4,0	4,1	4,0	4,4	4,4	4,5	4,3
Feldhase	4,3	4,3	4,3	4,3	4,5	4,5	4,5	4,5
Laufk./Spinn	3,1	3,2	3,1	3,1	4,2	4,1	4,2	3,9
Schwebfliege	3,5	4,4	4,0	4,5	4,5	4,7	4,5	4,8
Mittlerer aktueller Distanzwert	3,9	4,0	3,9	3,9	4,3	4,3	4,3	4,3

Tab. 8.2-1: Bedeutung der **Betriebsgröße** für die Lebensraumqualität von Ackerflächen für biotische Indikatoren. Es wurden nur die **langfristigen Wirkungen** landwirtschaftlicher Maßnahmen berücksichtigt.

Aus 11 Größenklassen (10,..., 55, 60 ha) der Betriebe werden diejenigen herausgestellt, in denen das Minimum ('bester Wert') bzw. Maximum ('schlechtester Wert') der jeweils geeigneten einzelnen Kultur liegt. Bei geringen Unterschieden (0,1 und weniger) wurde auf die Angaben verzichtet. Zur Ableitung der Werte siehe Text, sie liegen zwischen 1 und 5. Daneben sind die entsprechenden Werte für die mittlere Lebensraumqualität aller Kulturen angegeben. Die 'Differenz' bezeichnet den Unterschied zwischen diesen Extremen. Weiterhin ist angegeben, ob ein Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität vermutet werden kann. Es wurden verschiedene Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen unterschieden: kurzfristige, langfristige und solche auf gefährdete Arten. (Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0 langfristige: 1 Artenschutz: 0	Jeweils die geeignetsten 20% der Fläche in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen				Mittlere Lebensraumqualität aller Ackerflächen in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen			
	bester Wert bei Betriebsgröße (ha)	schlechtester Wert bei Betriebsgröße (ha)	Differenz zwischen bestem und schlechtestem Wert	Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität	bester Wert bei Betriebsgröße (ha)	schlechtester Wert bei Betriebsgröße (ha)	Differenz zwischen bestem und schlechtestem Wert	Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität
Segetalflora	10	60	0,1	ja			0,0	nein
Feldvögel	10,15	60	0,1	ja			0,0	nein
Feldmaus	50	15	0,5	ja			0,1	nein
Feldhase			0,1	nein			0,0	nein
Laufk./Spinn			0,1	nein	50	15	0,1	ja

Schwebfliege			0,0	nein			0,0	nein
Mittlerer aktueller Biotopwert			0,0	nein			0,0	nein

Tab. 8.2-2: Bedeutung der **Betriebsgröße** für die Lebensraumqualität von Ackerflächen für biotische Indikatoren. Es wurden Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen auf **gefährdete Arten** berücksichtigt.

Aus 11 Größenklassen (10,..., 55, 60 ha) der Betriebe werden diejenigen herausgestellt, in denen das Minimum ('bester Wert') bzw. Maximum ('schlechtester Wert') der jeweils geeignetsten einzelnen Kultur liegt. Bei geringen Unterschieden (0,1 und weniger) wurde auf die Angaben verzichtet. Zur Ableitung der Werte siehe Text, sie liegen zwischen 1 und 5. Daneben sind die entsprechenden Werte für die mittlere Lebensraumqualität aller Kulturen angegeben. Die 'Differenz' bezeichnet den Unterschied zwischen diesen Extremen. Weiterhin ist angegeben, ob ein Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität vermutet werden kann. Es wurden verschiedene Wirkungen landwirtschaftlicher Maßnahmen unterschieden: kurzfristige, langfristige und solche auf gefährdete Arten. (Erläuterungen siehe Text.)

Wichtung der Wirkungen der landwirtschaftlichen Maßnahmen: kurzfristige: 0 langfristige: 0 Artenschutz: 1	Jeweils die geeignetsten 20% der Fläche in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen				Mittlere Lebensraumqualität aller Ackerflächen in den verschiedenen Betriebsgrößenklassen			
	bester Wert bei Betriebsgröße (ha)	schlechtester Wert bei Betriebsgröße (ha)	Differenz zwischen bestem und schlechtestem Wert	Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität	bester Wert bei Betriebsgröße (ha)	schlechtester Wert bei Betriebsgröße (ha)	Differenz zwischen bestem und schlechtestem Wert	Zusammenhang zwischen Betriebsgröße und Lebensraumqualität
Segetalflora	50, 55	15	0,6	ja	50, 55	15	0,2	ja
Feldvögel			0,0	nein			0,0	nein
Feldhase			0,1	nein			0,0	nein
Laufk./Spinnen	55	15	0,4	ja	50, 55	15	0,2	ja
Schwebfliegen	55	30	0,2	nein			0,0	nein
Mittlerer aktueller Biotopwert	55	15	0,2	ja	55	15	0,1	ja

—

Tab. 8.3-1: Lebensraumqualität von 132 Betriebstypen für biotische Indikatoren

Bewertung der landwirtschaftlichen Maßnahmen nach **kurz- und langfristigen Wirkungen, und solche auf den Artenschutz**

Die Bewertung erfolgt für die **jeweils günstigsten 20%** der Flächen pro Betrieb

Anzahl der Betriebe in Wertklassen von 'sehr gut' (<2,5) bis 'unbefriedigend' (>4,0)

Gruppierung der Betriebe in

a) Verwendung von transgenen Sorten (ja, nein: je 66)

b) Produktionsweise (biologisch, integriert, konventionell: je 44)

Indikator und Wertstufe	Anzahl der Betriebe		Produktionsweise		
	transgene Sorten nein	ja	biologisch	integriert	konventionell
Gesamtwertung					
sehr gut (<2,5)	6	4	9	1	
gut (2,5-3,0)	18	18	35	1	
mäßig (3,0-3,5)	20	22		42	
problematisch (3,5-4,0)	22	22			44
unbefriedigend (>4,0)					
Segetalflora					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)	23	22	44	1	
problematisch (3,5-4,0)	2	2		4	
unbefriedigend (>4,0)	41	42		39	44
Feldvögel					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)	22	22	44		
problematisch (3,5-4,0)	40	44		44	40
unbefriedigend (>4,0)	4				4
Feldhase					
sehr gut (<2,5)	8	11	18	1	
gut (2,5-3,0)	17	13	26	4	
mäßig (3,0-3,5)	34	38		39	33
problematisch (3,5-4,0)	7	4			11
unbefriedigend (>4,0)					
Laufkäfer / Spinnen					
sehr gut (<2,5)	25	24	44	5	
gut (2,5-3,0)	37	42		39	40
mässig (3,0-3,5)	4				4
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)					
Schwebfliegen					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)	23	22	44	1	
problematisch (3,5-4,0)	2	2		4	
unbefriedigend (>4,0)	41	42		39	44
Feldmäuse					
sehr gut (<2,5)	9	8	13	4	
gut (2,5-3,0)	31	27	6	19	33
mäßig (3,0-3,5)	26	31	25	21	11
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)					

Tab. 8.3-2: Lebensraumqualität von 132 Betriebstypen für biotische Indikatoren

Bewertung der landwirtschaftlichen Maßnahmen nach **langfristigen Wirkungen**

Die Bewertung erfolgt für die **Mittelwerte der Flächen** pro Betrieb

Anzahl der Betriebe in Wertklassen von 'sehr gut' (<2,5) bis 'unbefriedigend' (>4,0)

Gruppierung der Betriebe in

a) Verwendung von transgenen Sorten (ja, nein: je 66)

b) Produktionsweise (biologisch, integriert, konventionell: je 44)

Indikator und Wertstufe	Anzahl der Betriebe				
	transgene Sorten		Produktionsweise		
	nein	ja	biologisch	integriert	konventionelle
			II		
Gesamtwertung					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	2	7	9		
mäßig (3,0-3,5)	20	15	35		
problematisch (3,5-4,0)	17	31		37	11
unbefriedigend (>4,0)	27	13		7	33
Segetalflora					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	15	17	32		
mäßig (3,0-3,5)	7	5	12		
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44
Feldvögel					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)	22	22	44		
unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44
Feldhase					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)	22	22	44		
problematisch (3,5-4,0)	12	2		14	
unbefriedigend (>4,0)	32	42		30	44
Laufkäfer / Spinnen					
sehr gut (<2,5)	21	22	43		
gut (2,5-3,0)	1		1		
mäßig (3,0-3,5)	8	27		23	12
problematisch (3,5-4,0)	35	17		21	31
unbefriedigend (>4,0)	1				1
Schwebfliegen					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	22	22	44		
mässig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44
Feldmäuse					
sehr gut (<2,5)					

gut (2,5-3,0)	7	7	11	3	
mäßig (3,0-3,5)	59	59	33	41	44
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)					

Tab. 8.3-3: Lebensraumqualität von 132 Betriebstypen für biotische Indikatoren

Bewertung der landwirtschaftlichen Maßnahmen **nach langfristigen Wirkungen**

Die Bewertung erfolgt für die **jeweils günstigsten 20%** der Flächen pro Betrieb

Anzahl der Betriebe in Wertklassen von 'sehr gut' (<2,5) bis 'unbefriedigend' (>4,0)

Gruppierung der Betriebe in

a) Verwendung von transgenen Sorten (ja, nein: je 66)

b) Produktionsweise (biologisch, integriert, konventionell: je 44)

Indikator und Wertstufe	Anzahl der Betriebe		Produktionsweise		
	transgene Sorten nein	ja	biologisch	integriert	konventionell
Gesamtwertung					
sehr gut (<2,5)	7	5	11	1	
gut (2,5-3,0)	18	18	33	3	
mäßig (3,0-3,5)	19	21		40	
problematisch (3,5-4,0)	22	22			44
unbefriedigend (>4,0)					
Segetalflora					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	22	22	44		
mäßig (3,0-3,5)	3	3		6	
problematisch (3,5-4,0)	36	40		38	38
unbefriedigend (>4,0)	5	1			6
Feldvögel					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	20	22	42		
mäßig (3,0-3,5)	2		2		
unbefriedigend (3,5-4,0)	38	44		44	38
unbefriedigend (>4,0)	6				6
Feldhase					
sehr gut (<2,5)	10	13	18	5	
gut (2,5-3,0)	34	31	26	39	
mäßig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)	22	22			44
Laufkäfer / Spinnen					
sehr gut (<2,5)	59	62	44	44	33
gut (2,5-3,0)	7	4			11
mäßig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)					
Schwebfliegen					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	22	22	44		
mäßig (3,0-3,5)	3	2		5	
problematisch (3,5-4,0)	19	20		39	
unbefriedigend (>4,0)	22	22			44
Feldmäuse					
sehr gut (<2,5)	9	8	13	4	
gut (2,5-3,0)	31	27	6	19	33
mäßig (3,0-3,5)	26	31	25	21	11
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)					

Tab. 8.3-4: Lebensraumqualität von 132 Betriebstypen für biotische Indikatoren

Bewertung der landwirtschaftlichen Maßnahmen nach **Wirkungen auf den Artenschutz**

Die Bewertung erfolgt für die **Mittelwerte der Flächen** pro Betrieb

Anzahl der Betriebe in Wertklassen von 'sehr gut' (<2,5) bis 'unbefriedigend' (>4,0)

Gruppierung der Betriebe in

a) Verwendung von transgenen Sorten (ja, nein: je 66)

b) Produktionsweise (biologisch, integriert, konventionell: je 44)

Indikator und Wertstufe	Anzahl der Betriebe		Produktionsweise		
	transgene Sorten nein	ja	biologisch	integriert	konventionelle II
Gesamtwertung					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	1	6	7		
mäßig (3,0-3,5)	21	16	37		
problematisch (3,5-4,0)	3	2		5	
unbefriedigend (>4,0)	41	42		39	44
Segetalflora					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)	22	22	44		
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44
Feldvögel					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)	22	22	44		
unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44
Feldhase					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)					
mäßig (3,0-3,5)	22	22	44		
problematisch (3,5-4,0)	12	2		14	
unbefriedigend (>4,0)	32	42		30	44
Laufkäfer / Spinnen					
sehr gut (<2,5)	21	22	43		
gut (2,5-3,0)	1		1		
mäßig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)	7	19		15	11
unbefriedigend (>4,0)	37	25		29	33
Schwebfliegen					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	22	22	44		
mäßig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)	44	44		44	44

Tab. 8.3-5: Lebensraumqualität von 132 Betriebstypen für biotische Indikatoren

Bewertung der landwirtschaftlichen Maßnahmen nach **Wirkungen auf den Artenschutz**

Die Bewertung erfolgt für die **jeweils günstigsten 20%** der Flächen

pro Betrieb

Anzahl der Betriebe in Wertklassen von 'sehr gut' (<2,5) bis 'unbefriedigend' (>4,0)

Gruppierung der Betriebe in

a) Verwendung von transgenen Sorten (ja, nein: je 66)

b) Produktionsweise (biologisch, integriert, konventionell: je 44)

Indikator und Wertstufe	Anzahl der Betriebe				
	transgene Sorten		Produktionsweise		
	nein	ja	biologisch	integriert	konventionelle II
Gesamtwertung					
sehr gut (<2,5)	7	5	11	1	
gut (2,5-3,0)	17	18	33	2	
mäßig (3,0-3,5)	13	21		34	
problematisch (3,5-4,0)	29	15		7	37
unbefriedigend (>4,0)		7			7
Segetalflora					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	28	44	44	28	
mäßig (3,0-3,5)	8			8	
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)	30	22		8	44
Feldvögel					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	20	22	42		
mäßig (3,0-3,5)	2		2		
problematisch (3,5-4,0)	11	5		7	9
unbefriedigend (>4,0)	33	39		37	35
Feldhase					
sehr gut (<2,5)	10	13	18	5	
gut (2,5-3,0)	34	31	26	39	
mäßig (3,0-3,5)					
problematisch (3,5-4,0)					
unbefriedigend (>4,0)	22	22			44
Laufkäfer / Spinnen					
sehr gut (<2,5)	24	22	44	2	
gut (2,5-3,0)	1	1		2	
mäßig (3,0-3,5)	36	42		37	41
problematisch (3,5-4,0)	5	1		3	3
unbefriedigend (>4,0)					
Schwebfliegen					
sehr gut (<2,5)					
gut (2,5-3,0)	22	22	44		
mäßig (3,0-3,5)	3	2		5	
problematisch (3,5-4,0)	35	23		39	19
unbefriedigend (>4,0)	6	19			25