

**Technikfolgenabschätzung  
für neue Technologien auf der Basis  
konventionell gezüchteter  
herbizidresistenter  
Kulturpflanzen**

## Bund-Länder-Expertengruppe:

<b>Teilnehmer</b>	<b>Behörde</b>	<b>E-Mail</b>
Dicke, Dominik	Regierungspräsidium Gießen - Pflanzenschutzdienst	dominik.dicke@rpgi.hessen.de
Ewert, Katrin	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft	katrin.ewert@tll.thueringen.de
Forster, Rolf	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit	rolf.forster@bvl.bund.de
Gehring, Klaus	Institut für Pflanzenschutz der Landesanstalt für Landwirtschaft	klaus.gehring@lfl.bayern.de
Klingenhagen, Günter	Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen	guenter.klingenhagen@lwk.nrw.de
Meinlschmidt, Ewa	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	ewa.meinlschmidt@smul.sachsen.de
Moltmann, Esther	Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz, Baden-Württemberg	esther.moltmann@mlr.bwl.de
Schnock, Uta	Bundessortenamt	uta.schnock@bundessortenamt.de
Schwarz, Jürgen	Julius Kühn-Institut	juergen.schwarz@jki.bund.de
Söchting, Hans-Peter	Julius Kühn-Institut	hans-peter.soechting@jki.bund.de
Wolber, Dirk	Pflanzenschutzamt der Landwirtschaftskammer Niedersachsen	dirk.wolber@lwk-Niedersachsen.de
Zwerger, Peter	Julius Kühn-Institut	peter.zwerger@jki.bund.de

Stand: 2014-07-18

## Inhaltsverzeichnis

1	Problemaufriss .....	4
2	Rechtliche Rahmenbedingungen.....	5
2.1	Zulassung von Komplementärherbiziden.....	5
2.2	Zulassung von HR-Sorten .....	6
3	Anbauumfang der ackerbaulichen Kulturen in Deutschland.....	8
4	Für den Anbau in Deutschland verfügbare und mögliche Herbizidresistenzsysteme .....	10
4.1	Raps.....	10
4.2	Sonnenblume .....	13
4.3	Mais .....	14
4.4	Zuckerrübe .....	15
5	Eigenschaften der in Betracht kommenden Kulturpflanzen.....	16
6	Eigenschaften und Bewertung von Komplementärherbiziden in HR-Kulturen.....	17
7	Spezifische Betrachtung der HR-Systeme.....	18
7.1	Raps.....	18
7.2	Sonnenblume .....	19
7.3	Mais .....	20
7.4	Zuckerrübe .....	20
8	Empfehlungen an den Auftraggeber .....	21
9	Literaturverzeichnis .....	23

# 1 Problemaufriss

Bereits seit 1996 entwickelt die Pflanzenschutzmittelindustrie zusammen mit Pflanzenzüchtungsunternehmen mittels konventioneller Züchtung herbizidresistente Sorten (HR-Sorten) und führt diese weltweit in die Praxis ein (Cobb & Reade, 2011). Erst die Einführung des Clearfield-Produktionssystems in Raps löste in Deutschland eine kritische Auseinandersetzung mit den Vor- und Nachteilen dieser Technologie aus (Wolber, 2011). Die Fachreferenten der Pflanzenschutzdienste der Länder für den Ackerbau verfassten am 14.12.2010 eine Stellungnahme mit dem Titel "Nutzen-Risiko-Analyse des Clearfield Produktionssystem in Winterraps" (Gehring, 2011). Den anwendungstechnischen Vorteilen des Clearfield(CL)-Systems wurde eine Anzahl verschiedener Risiken gegenübergestellt. Im Fazit wurde auf negative Aspekte für die Landwirtschaft und mögliche, zusätzliche Belastungen für die Umwelt durch erhöhte Herbizidanwendungen im Rahmen der Fruchtfolge hingewiesen. Die Pflanzenschutzdienste der Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Hessen, Sachsen und Sachsen-Anhalt gaben im Jahr 2012 eine Broschüre zum CL-System heraus, die Vorteile bei der Bekämpfung von Kreuzblütlern im Raps sieht, jedoch Probleme bei der unkontrollierten Ausbreitung der Resistenzeigenschaften und fehlenden Koexistenzregelungen anführt (Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen et al. 2012). Das CL-System wird seit seiner Einführung in diversen, praxisorientierten Fachartikeln kritisch diskutiert (Bröcker, 2012; Wolber & Niehoff, 2012; Bröcker, 2013). Einige Pflanzenschutzdienste empfehlen die Verwendung des CL-Systems nicht, teilweise wird davon abgeraten, und auch amtliche Versuche werden in diesen Bundesländern nicht durchgeführt. Darüber hinaus ist das Sortenprüfwesen in einigen Bundesländern beeinträchtigt, weil landwirtschaftliche Betriebe die Aussaat von CL-Raps auf ihren Ackerflächen zur Durchführung von Landessortenversuchen ablehnen.

Das CL-System im Raps war Thema bei den Agrarministerkonferenzen in Schöntal am 28.09.2012 und in Würzburg am 30.08.2013. Es wurde der Beschluss gefasst, das BMEL und die Länder um Prüfung zu bitten, ob und ggfls. mit welchen Maßnahmen den Nachteilen des Systems entgegen getreten werden kann, und zu einem Fachgespräch einzuladen. Auf eine kleine Anfrage der Grünen im Bundestag zur Bewertung konventionell gezüchteter Kulturpflanzen mit Herbizidtoleranz antwortete die Bundesregierung am 07.11.2012 und verwies auf ein geplantes Fachgespräch.

Dieses Fachgespräch fand am 13.11.2013 mit Vertretern von BMEL, BSA, BVL, JKI und der Länder in Bonn statt. Es wurde vereinbart, eine Studie zur Technikfolgenabschätzung (Problemanalyse, wissenschaftliche Folgenabschätzung, Vorschläge für weiteres Vorgehen) unter Mitwirkung von Experten der zuständigen Behörden BSA, BVL, JKI und der Pflanzenschutzdienste der Länder bis 30.06.2014 als Entwurf zu erstellen. Diese Expertengruppe traf sich am 01.04., 23.05. und 15.07.2014 am JKI in Braunschweig sowie am 30.06.2014 beim BMEL in Bonn, um die zwischenzeitlich von den Experten erstellten Ausarbeitungen gemeinsam zu diskutieren und die Folgenabschätzung fertigzustellen. Dabei ist es das Ziel, ein technisch-wissenschaftliches Papier zur Systembewertung von auf konventioneller Züchtung (Lusser et al., 2012) beruhenden Herbizidresistenz-Systemen (HR-System) zu erstellen. Unter einem HR-System wird die Kombination einer herbizidresistenten Sorte und dem für diese Sorten spezifisch verträglichem Herbizid (=Komplementärherbizid) verstanden (Kirkwood, 2002).

In der vorliegenden Technikfolgenabschätzung erfolgt zunächst eine Beschreibung der gegenwärtigen rechtlichen Situation im Hinblick auf die Zulassungsverfahren für (Komplementär-)Herbizide und herbizidresistente Sorten. Mit der sich anschließenden Beschreibung des Anbauumfangs der ackerbaulichen Kulturen in Deutschland soll der potentielle Flächenumfang für den Anbau entsprechender HR-Sorten aufgezeigt werden. Danach wird eine Übersicht über die derzeit bekannten HR-Systeme für konventionell gezüchtete

herbizidresistente Sorten gegeben. Für die spezifische Bewertung der HR-Systeme werden die relevanten biologischen Eigenschaften der in Frage kommenden Kulturen identifiziert und bewertet. Analog wird für die Bewertung der Komplementärherbizide vorgegangen. Bei der vorliegenden Technikfolgenabschätzung werden nur Kulturen betrachtet, die in Deutschland auch wirtschaftlich angebaut werden können, sowie Herbizide, die in Deutschland zugelassen sind bzw. nach gegenwärtigem Kenntnisstand grundsätzlich zulassungsfähig wären. Die Bewertung der HR-Systeme beschränkt sich im vorliegenden Papier auf die spezifischen Auswirkungen der HR-Systeme. Keine Bewertung erfolgte hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf den Naturhaushalt allgemein oder auf ökonomische und soziale Aspekte (Beckert et al., 2011; Brookes & Barfoot, 2014; Carpenter, 2011; Smyth et al., 2011). Abschließend wird in der vorliegenden Technikfolgenabschätzung eine Reihe von Handlungsempfehlungen gegeben.

## 2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Zwischen gentechnisch veränderten (GV) und konventionell gezüchteten herbizidresistenten (HR)-Sorten bestehen hinsichtlich der rechtlichen Regelungen deutliche Unterschiede. Der Umgang mit gentechnisch veränderten Sorten ist umfassend im deutschen Gentechnikrecht geregelt (Gentechnikgesetz vom 20.06.1990, GenTG). Zweck des Gentechnikgesetzes ist der Schutz und die Vorsorge vor schädlichen Auswirkungen gentechnischer Verfahren und Produkte sowie die Sicherstellung einer von Gentechnik unbeeinflussten Lebens- und Futtermittelproduktion und -vermarktung. Um das sicherzustellen sind eine Vielzahl rechtlicher Vorgaben für GV-Pflanzen geschaffen worden. Im Gegensatz dazu werden von einer mittels eines konventionellen Züchtungsverfahrens geschaffenen Herbizidresistenz in einer Sorte zunächst keine systemspezifischen schädlichen Auswirkungen erwartet. Dem Gentechnikrecht vergleichbare rechtliche Regelungen bestehen daher für die HR-Systeme nicht.

Dabei weisen die HR-Systeme in einzelnen Bereichen Parallelen zu GV-Systemen auf. Grundsätzlich besteht hier wie bei GV-Sorten die Gefahr der Auskreuzung der Herbizidresistenz, der Überdauerung herbizidresistenter Samen im Boden und der Verschleppung resistenter Samen, die zu Belastungen wie einem erhöhten Bekämpfungsaufwand auf betroffenen Flächen führen können.

Mögliche negative Auswirkungen des Anbaus von HR-Sorten unterliegen ausschließlich dem privatrechtlichen Haftungsrecht.

Die bestehenden Rechtsbereiche, Pflanzenschutzrecht und Sortenrecht, sind voneinander unabhängig, so dass HR-Systeme, bestehend aus Sorte und Herbizid nicht ganzheitlich bewertet werden. Vielmehr wird bei der Pflanzenschutzmittelzulassung das Herbizid beurteilt, in der Sortenzulassung die Sorte. Eine Verbindung zwischen den beiden Rechtsbereichen besteht nicht.

### 2.1 Zulassung von Komplementärherbiziden

Laut § 33 Pflanzenschutzgesetz vom 6. Februar 2012 ist das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) zuständig für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln.

Gemäß Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 erfolgt die Antragstellung auf Zulassung von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland seit dem 14. Juni 2011 in einem zonalen Verfahren, in dem ein Bericht erstattender Mitgliedstaat (zRMS) die Bewertung antragsgemäß für weitere Mitgliedstaaten der gleichen Zone (cMS) durchführt.

Die rechtliche Grundlage zur Erarbeitung von Studien zur Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln ist die Verordnung (EU) Nr. 283/2013, in der die Datenanforderungen für Pflanzen-

schutzmittel festgelegt sind. Spezielle Anforderungen für die Zulassung von sog. Komplementärherbiziden finden sich darin nicht. Auch für diese Pflanzenschutzmittel sind folglich die für die Prüfung der Wirksamkeit von Pflanzenschutzmitteln entsprechenden Standards der EPPO zugrunde zu legen.

Die Verordnung (EU) Nr. 546/2011 regelt die Anwendung einheitlicher Grundsätze für die Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln. Gemäß den allgemeinen Grundsätzen tragen die Mitgliedstaaten dafür Sorge, dass (Zitat) „bei der Bewertung der eingereichten Anträge gemäß Artikel 29 der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009, wonach sie unter anderem alle normalen Bedingungen für die Verwendung des Pflanzenschutzmittels sowie die Folgen dieser Verwendung berücksichtigen müssen, effektiv die vorgeschlagenen praktischen Verwendungsbedingungen bewertet werden; dazu zählen insbesondere Verwendungszweck, Dosierung, Art, Häufigkeit und Zeitpunkt der Anwendung sowie Art und Zusammensetzung der Zubereitung“. Die Mitgliedstaaten berücksichtigen auch die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes in allen Fällen, in denen dies möglich ist.“ und „Bei der Bewertung der eingereichten Anträge berücksichtigen die Mitgliedstaaten die Bedingungen in Bezug auf Landwirtschaft, Pflanzenschutz und Umwelt - einschließlich Klima - in den vorgesehenen Verwendungsregionen.“ Explizite Forderungen bzgl. der besonderen Berücksichtigung der speziellen Anwendungssituation von Komplementärherbiziden werden nicht formuliert.

Gemäß den rechtlichen Regelungen sind folglich zwar die beantragten Anwendungsbedingungen bei der Bewertung eines Komplementärherbizids umfänglich zu berücksichtigen, bei ihrer Anwendung in resistenten Kultursorten ist im Rahmen der Zulassungsentscheidung jedoch nicht das Anbausystem ganzheitlich zu bewerten. Insbesondere wird die Bewertung von Risiken, die mit dem Anbau der herbizidresistenten Kultursorte ggf. verbunden sein könnten, nicht betrachtet.

Im Rahmen des Zulassungsverfahrens werden die Anwendungen eines Pflanzenschutzmittels antragsgemäß und in Übereinstimmung mit international abgestimmten Anforderungen und Formaten vom BVL als Bewertungsgrundlage festgesetzt. Dies betrifft die Indikation selbst (Kultur/Objekt, Schadorganismus/Zweckbestimmung und seit dem Jahr 2012 den Verwendungszweck) sowie die weiteren Anwendungsbedingungen einschließlich Hinweisen, Auflagen und Anwendungsbestimmungen. Bezüglich der Anwendung von Komplementärherbiziden wurden die zulässigen Anwendungen z. B. mit dem Zusatz „nur Cycloxiidim-resistente Pflanzen“ ergänzt, mit der Auflage „Anwendung nur in Arten/Sorten mit der zusätzlichen Bezeichnung ‘Cycloxiidim-resistent‘“. Heute erfolgt dies im Rahmen der Festsetzung der Indikation nach dem Muster "Imazamox-resistente Kulturpflanze" und ist damit für den Anwender rechtsverbindlich. Diese Benennung bedeutet auch, dass der Antragsteller bzw. Zulassungsinhaber die Verträglichkeit in dieser Anwendung nachweislich belegt hat. Andererseits ist damit aus Sicht des Pflanzenschutzrechts eine eindeutige Kennzeichnung des Pflanzenschutzmittels erfolgt, so dass im Falle einer Verwendung in nichtresistenten Sorten die Verantwortung für einen eingetretenen Schaden beim Anwender liegt. Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich zwar kein Zwang für das Bundessortenamt die entsprechenden Sorten als solche zu kennzeichnen, andererseits wird durch den Verzicht auf eine solche Kennzeichnung die beabsichtigte Risikominderung im Hinblick auf die Fehlanwendung des Herbizids unwirksam.

## 2.2 Zulassung von HR-Sorten

Das Bundessortenamt ist zuständig für die Erteilung des Sortenschutzes auf Grundlage des Sortenschutzgesetzes (SortG) und für die Zulassung von Pflanzensorten auf Grundlage des Saatgutverkehrsgesetzes (SaatG).

Das Saatgutverkehrsgesetz soll sicherstellen, dass der Saatgutverbraucher in der Landwirtschaft oder im Gartenbau nur Saatgut einer bestimmten Mindestqualität erhält von Sorten, die auf ihre Leistung geprüft sind. Neben den in Deutschland zugelassenen Sorten kann auch Saatgut von in EU-Mitgliedstaaten eingetragenen Sorten vertrieben werden, soweit diese im EU-Sortenverzeichnis stehen.

Voraussetzung für die Sortenzulassung ist, dass die Sorte unterscheidbar, homogen und beständig ist, eine eintragungsfähige Sortenbezeichnung besitzt und bei landwirtschaftlichen Arten auch einen landeskulturellen Wert aufweist. Eine Sorte hat einen landeskulturellen Wert, wenn sie in der Gesamtheit ihrer wertbestimmenden Eigenschaften gegenüber den zugelassenen vergleichbaren Sorten, zumindest für die Erzeugung in einem bestimmten Gebiet, eine deutliche Verbesserung für den Pflanzenbau, die Verwertung des Erntegutes oder die Verwertung aus dem Erntegut gewonnener Erzeugnisse erwarten lässt.

Antragsgegenstand und damit Prüfgegenstand für Sortenschutz und/oder Sortenzulassung ist die Sorte. Für die Prüfung unwesentlich ist die Herkunft oder der Ursprung der Sorte. Die Zuchtformel einer Sorte wird nur insoweit berücksichtigt, als sie für das Prüfungsverfahren wichtig ist.

Ein Antrag auf Sortenzulassung kann jederzeit gestellt werden. Mit der Prüfung der Sorte wird begonnen, wenn die vom Antragsteller vorgelegten Unterlagen und das Saatgut vollständig und in der angeforderten Beschaffenheit vorgelegt werden. Der Antragsteller ist nicht verpflichtet, Angaben zu Merkmalen oder Eigenschaften im Antrag auf Sortenzulassung anzugeben, die über die üblicherweise im Zulassungsverfahren geprüften Eigenschaften hinausgehen.

Lediglich im Falle von Sorten, deren Pflanzen gentechnisch veränderte Organismen im Sinne des § 3 Nr. 3 GenTG sind, muss der Antragsteller darüber diesbezügliche Angaben machen.

Das Bundessortenamt hat für jede Pflanzenart einen Prüfungsrahmen festgelegt, das heißt, die Kriterien und den Prüfungsumfang, der bei einer Pflanzenart üblicherweise geprüft wird. Darüber hinaus kann ein Antragsteller auch besondere Prüfkriterien beantragen, die allerdings zusätzlich gebührenpflichtig sind. Um diese besonderen Prüfkriterien kann die Prüfung erweitert werden, soweit das Bundessortenamt die Ergebnisse im Hinblick auf die Beurteilung von Unterscheidbarkeit, Homogenität, Beständigkeit oder im Hinblick auf den landeskulturellen Wert für erforderlich hält.

Mit der Prüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit einer Sorte (Registerprüfung) und mit der Prüfung auf den landeskulturellen Wert (Wertprüfung) wird in der Regel gleichzeitig begonnen.

Die Prüfung der Eigenschaft Herbizidresistenz ist weder in der Registerprüfung noch in der Wertprüfung innerhalb des üblichen Prüfungsrahmens vorgesehen. Soweit sie vom Antragsteller nicht gesondert beantragt wird, wird sie vom Bundessortenamt auch nicht durchgeführt.

Die Registerprüfung dauert in der Regel zwei Jahre und wird an einem oder zwei Standorten des Bundessortenamtes durchgeführt.

Die Wertprüfung dauert in der Regel zwei oder drei Jahre und wird an etwa 14 verschiedenen Standorten im ganzen Bundesgebiet durchgeführt. Geprüft werden die Anbau-, Resistenz-, Ertrags- und Qualitätseigenschaften einer Sorte.

Die Zulassung einer Sorte kann versagt werden, wenn hinreichende Gründe für die Annahme bestehen, dass die Sorte ein Risiko für die Gesundheit von Menschen, Tieren oder Pflanzen oder die Umwelt darstellt.

Die Sortenzulassung wird für die Dauer von zehn Jahren erteilt. Sie kann auf Antrag verlängert werden.

Die Sortenzulassung kann mit Kennzeichnungsaufgaben verbunden werden, soweit das zum Schutz des Verbrauchers notwendig ist. Im Saatgutverkehrsgesetz ist lediglich im Falle von Sorten, deren Pflanzen gentechnisch veränderte Organismen im Sinne des § 3 Nr. 3 GenTG sind, eine Kennzeichnungspflicht enthalten.

Sobald eine Sorte in die deutsche Sortenliste eingetragen worden ist, kann Saat- und Pflanzgut dieser Sorte anerkannt und vermarktet werden. Die Sorte wird vom Bundesortenamt auch zur Aufnahme in den europäischen Sortenkatalog gemeldet und kann nach Aufnahme in den Katalog in allen europäischen Mitgliedstaaten vertrieben werden. Dieses Prinzip gilt auch für alle Sorten, die in einem anderen Mitgliedstaat in die dortige Sortenliste eingetragen wurden. Auch diese Sorten können über den europäischen Sortenkatalog in Deutschland vertrieben werden.

Derzeit sind in der deutschen Sortenliste mit Voraussetzung des landeskulturellen Wertes folgende herbizidresistente Sorten zugelassen:

Sorten mit Cycloxydim-Resistenz:

Mais: - M 10777 Sorte Birko Duo (Zulassung 2007)

- M 10407 Sorte ES Ultrafox Duo (Zulassung 2006)

Neben den in Deutschland zugelassenen Sorten kann auch Saatgut von in EU-Mitgliedstaaten eingetragenen Sorten vertrieben werden, soweit diese im EU-Sortenliste stehen. Aufgrund dieser Möglichkeit können HR-Sorten auch in Deutschland zum Anbau kommen, die nicht im deutschen Zulassungsverfahren geprüft wurden. Eine zwingende Kennzeichnung der Herbizidresistenzmerkmale dieser Sorten erfolgt im EU-Sortenliste nicht.

### 3 Anbauumfang der ackerbaulichen Kulturen in Deutschland

Tabelle 3.1 gibt einen Überblick über den Anbauumfang ausgewählter Ackerbaukulturen in Deutschland der Jahre 2010 bis 2013. Die aufgeführten Kulturarten entsprechen dabei einem Anbauumfang von ca. 92 % der 11,86 Mio. ha Ackerfläche im Jahr 2013.

Vergleicht man die angebauten Kulturarten des Jahres 2013 mit denen des Jahres 2010, so fällt auf, dass der Maisanbau, speziell Silomaisanbau, zugenommen hat. Allerdings lag dieser in den Jahren 2011 und 2012 über dem des Jahres 2013. Im gleichen Zeitraum gingen die Anbauflächen von Getreide und Erbse und die Brachflächen zurück.

Unter Punkt 4 werden die für Deutschland verfügbaren und möglichen Herbizidresistenzsysteme dargestellt. Für die Kulturen Raps, Sonnenblume, Mais, Zuckerrübe sind entsprechende Anwendungen zurzeit schon verfügbar bzw. in der Entwicklung. Summiert man die Anbauflächen der genannten Kulturarten so ergeben sich 36,5 % oder 4,33 Mio. ha (Basis 2013) der Ackerfläche in Deutschland als potentiell möglich für den Anbau von konventionell gezüchteten herbizidresistenten Kulturpflanzen.



Tabelle 3.1: Anbauumfang ausgewählter Ackerbaukulturen in Deutschland

Kultur	2010		2011		2012		2013		Datenquelle
	in 1000 ha	%	in 1000 ha	%	in 1000 ha	%	in 1000 ha	%	
Ackerland	11.847	100,0	11.874	100,0	11.834	100,0	11.859	100,0	Nr. 85 nur Ackerland / Nr. 86
Getreide (ohne Körnermais)	6.120	51,7	6.003	50,6	5.992	50,6	6.040	50,9	Nr. 98
Mais	2.296	19,4	2.517	21,2	2.564	21,7	2.491	21,0	Addition Silo und Körnermais
-Silomais	1.829	15,4	2.029	17,1	2.038	17,2	1.995	16,8	Nr. 98
- Körnermais	467	3,9	488	4,1	526	4,4	496	4,2	Nr. 98
Winterraps	1.457	12,3	1.307	11,0	1.299	11,0	1.458	12,3	Nr. 98 (ohne SR und SB)
Zuckerrüben	364	3,1	398	3,4	402	3,4	358	3,0	Nr. 98
Kartoffeln	254	2,1	259	2,2	238	2,0	241	2,0	Nr. 98
Erbsen	57	0,5	56	0,5	45	0,4	38	0,3	Nr. 98
Ackerbohnen	16	0,1	17	0,1	16	0,1	16	0,1	Nr. 98
Süßlupinen	24	0,2	22	0,2	18	0,2	17	0,1	Nr. 98
Sonnenblumen	25	0,2	27	0,2	26	0,2	22	0,2	Nr. 98
Brache	252	2,1	229	1,9	215	1,8	199	1,7	Nr. 86

Quelle: BMLEV: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2013

## 4 Für den Anbau in Deutschland verfügbare und mögliche Herbizidresistenzsysteme

Tabelle 4.1 gibt eine Übersicht über die derzeit bekannten Herbizidresistenzsysteme für konventionell gezüchtete herbizidresistente Sorten. Für die Fallstudien sollen nur Kulturen betrachtet werden, die in Deutschland auch wirtschaftlich angebaut werden können, sowie Herbizide, die in Deutschland zugelassen sind bzw. nach gegenwärtigem Kenntnisstand auch zulassungsfähig wären. Die jeweiligen HR-Systeme sind in Tabelle 4.1 fett gedruckt und werden im Folgenden näher erläutert.

### 4.1 Raps

Das 2012 in Deutschland eingeführte Clearfield-Produktionssystem (CL-System) ist eine Kombination aus einem Clearfield-Herbizid (Firma BASF SE) und dazu komplementären Rapsorten (von verschiedenen Züchtern), die eine Resistenz gegen das Clearfield-Herbizid aufweisen. Die unter der Systembezeichnung ‚Clearfield‘ verwendete Herbizidresistenz beruht auf der Selektivität gegenüber Imazamox, einem Wirkstoff der zur chemischen Gruppe der Imidazolinone zählt (Shaner et al., 1996).

Imidazolinone gehören zu den Hemmstoffen der Acetolactat-Synthase (ALS), welche für die Synthese verzweigter Aminosäuren im Pflanzenstoffwechsel verantwortlich ist. Die Resistenz der Clearfield-Sorten gegen Imazamox beruht auf der Strukturveränderung des pflanzlichen ALS-Enzyms, die durch zwei Punktmutationen auf dem Genom des allotetraploiden Rapses verursacht wird. Die Induktion dieser Mutationen in den Clearfield-Sorten erfolgte auf konventionelle Weise durch Mutagenese in dem Rapsmikrosporen *Ethylnitrosourea* ausgesetzt wurden. Die Clearfield-Rapshybriden werden daher durch konventionelle Züchtungsmethoden und nicht durch gentechnische Veränderungen erzeugt. Die Herbizidresistenz in den derzeit verfügbaren Clearfield-Sorten beruht auf zwei Genen (PM1 und PM2). Nur das homozygote Vorliegen dieser beiden Gene führt nach Angaben der Firma BASF SE zu einer vollständigen Resistenz der Kulturpflanze gegenüber Imazamox.

Die Herbizide auf der Basis der Imidazolinone sind schon seit vielen Jahren auf dem Markt. So werden die bereits in den 1980-Jahren entwickelten Imidazolinone vor allem beim Anbau von Sojabohnen, Erdnüssen und anderen Leguminosen weltweit eingesetzt, da diese Kulturpflanzen von Natur aus gegen die Wirkstoffgruppe tolerant sind. Der herbizide Wirkstoff Imazamox ist derzeit in der EU in BE, BG, CZ, DE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, PL, PT, RO, SI, SK und UK zugelassen. In AT, EE, LT, LV und NL befinden sich Herbizide auf der Basis von Imazamox im Zulassungsverfahren. Imazamox-Herbizide werden entweder in großkörnigen Leguminosen als selektive Präparate oder im Rahmen des Clearfield-Systems in HR-Raps und HR-Sonnenblumen eingesetzt (Tan et al., 2005). In Deutschland ist zurzeit nur ein Imazamox-Präparat für die Anwendung in Imazamox-resistentem Winter- und Sommerraps zugelassen.

Derzeit basiert das Clearfield-Produktionssystem in Winterraps in Deutschland auf dem Herbizid Clearfield-Vantiga, bestehend aus den Wirkstoffen Metazachlor, Quinmerac und Imazamox (Tab. 4.2). Vertrieben wird es unter der Bezeichnung Clearfield-Vantiga D zusammen mit dem Adjuvant Dash E.C.. Clearfield-Vantiga D wurde im Herbst 2012 in den Markt eingeführt. Derzeit wird der Anbauumfang auf ca. 9.000 ha geschätzt (Quelle BASF SE, 2014). Obwohl der durch die Zulassung mögliche Anwendungszeitraum sehr lange ist (BBCH 10 – 18), wird es meistens relativ früh im Nachauflauf, wenn die Masse der Unkräuter das 2-Blattstadium (BBCH 12) erreicht hat, eingesetzt. Durch diese frühe Terminierung erhält auch der Wirkstoff Metazachlor, der überwiegend über Kotyledonen, Hypokotyl und Wurzeln der Unkräuter aufgenommen wird, günstige Wirkungsbedingungen. Aufgrund der im internationalen Vergleich relativ stark reduzierten Wirkstoffmenge von 12,5 g/ha Imazamox in der Standarddosierung von Clearfield-Vantiga D ist das Wirkungspotenzial der Ergänzungswirkstoffe Metazachlor und Quinmerac für eine ausreichende Wirkungsbreite der im Rapsanbau häufig auftretenden Leitunkräuter unverzichtbar.

Tabelle 4.1: Übersicht verschiedener Herbizidresistenzsysteme für konventionell gezüchtete herbizidresistente Sorten (Beckert et al. 2011, Tabelle verändert und ergänzt).

HRAC-Gruppe	Wirkungsmechanismus	Chemische Gruppe	Herbizidsystem*, Zulassungsinhaber	Wirkstoff	Herbizidbeispiele	Kultur	Einsatzregion	Besonderheiten
A	Hemmung der Acetyl-CoA-Carboxylase (ACCase)	Cyclohexandione	<b>Duo System</b> <i>BASF</i>	Cycloxydim	<b>Focus Ultra</b>	<b>Mais</b>	Nordamerika, Europa	
			Poast Plus System <i>BASF</i>	Sethoxydim	Sethoxydime E Pro	Mais	Nordamerika	
B	Hemmung der Acetolactat-Synthase (ALS)	Sulfonylharnstoffe und ähnliche	<b>DuPont ExpressSun</b> <i>DuPont</i>	Tribenuron-methyl	<b>Express SX***</b>	<b>Sonnenblume</b>	Europa	
			STS <i>DuPont</i>	Chlorsulfuron	Finesse	Sojabohne	Südamerika	
			<b>ALS-Inhibitor-Resistenz in Zuckerrüben**</b> <i>KWS/BCS</i>	Foramsulfuron + Thiencarbazone*****	<b>NN</b>	<b>Zuckerrübe</b>	Europa	Noch nicht zugelassen
		Imidazolinone	<b>Clearfield</b> <i>BASF</i>	Imazethapyr	Pursuit	Mais	Nordamerika	
					Newpath	Reis	Nordamerika	
					Clearpath	Reis	Nordamerika	
			Imazamox	Beyond	Raps, Linsen, Reis, Sonnenblumen, Weizen	Nordamerika		
				Sweeper 700	Raps, Mais Weizen	Südamerika		
				<b>Clearfield-Vantiga****</b>	<b>Raps</b>	Europa		
				Cleranda	Raps	Europa		
<b>Clearfield-Clentiga*****</b>	<b>Raps</b>	Europa	Noch nicht zugelassen					
Solo	Raps, Linsen	Nordamerika						

HRAC-Gruppe	Wirkungsmechanismus	Chemische Gruppe	Herbizidsystem*, Zulassungsinhaber	Wirkstoff	Herbizidbeispiele	Kultur	Einsatzregion	Besonderheiten
					Pulsar 40	Sonnenblumen	Europa	
				Imazapyr	Clearsol	Sonnenblumen	Südamerika	
				Imazethapyr + Imazapyr	Lightning	Mais	Südamerika	
				Imazapic + Imazapyr	Onduty	Raps	Australien	
					Kifix	Reis	Südamerika	
					Midas	Weizen	Australien	
			Clearfield plus BASF	Imazamox + Imazapyr	Intervix	Weizen, Gerste, Raps	Australien	
C1	Hemmung der Photosynthese im Photosystem II	Triazine	TT	Atrazin	Atradex	Raps	Australien	

\* Fettgedruckte Herbizidresistenzsysteme: Herbizide und Kulturen sind relevant für eine Technikfolgenabschätzung für Deutschland.

\*\* Derzeit noch in der Entwicklung

\*\*\* In Deutschland wird das Herbizid Express SX unter den Namen Pointer SX vertrieben

\*\*\*\* Neben dem Wirkstoff Imazamox enthält das Herbizid noch die Wirkstoffe Quinmerac und Metazachlor

\*\*\*\*\* Neben dem Wirkstoff Imazamox enthält das Herbizid noch den Wirkstoff Quinmerac

\*\*\*\*\* gehört zur Gruppe der Sulfonylaminocarbonyltriazolinone (SACT)

Im Zulassungsverfahren befindet sich derzeit das Herbizid Clearfield-Clentiga, ein Suspensionskonzentrat (SC), bestehend aus 250 g/l Quinmerac und 12,5 g/l Imazamox. Die Aufwandmenge beträgt 1,0 l/ha + 1,0 l/ha des Adjuvants Dash E.C.. Die Zulassung ist beantragt für die Anwendung im Winterraps im Herbst (BBCH 10-18) und im Frühjahr (BBCH 30-50) sowie im Sommerraps (BBCH 10-18). Das wichtigste Anwendungsgebiet ist die Herbstanwendung in Winterraps. Die Wirkstoffmengen pro Hektar von Quinmerac und Imazamox sind bei Clearfield-Clentiga und Clearfield-Vantiga identisch, ebenso die Menge des verwendeten Adjuvants Dash E.C.. Clearfield-Clentiga weist durch das Fehlen des Wirkstoffs Metazachlor im Vergleich zu Clearfield-Vantiga ein etwas eingeschränkteres Wirkungsspektrum und eine weniger nachhaltige Bodenwirkung auf, bietet aber eine höhere Flexibilität bei der Wahl des Anwendungstermins und von Kombinationen mit Blatt- und Boden-Herbiziden. Als wirksam, auch bei hohem Unkrautdruck und unter schwierigen Bodenverhältnissen, haben sich Spritzfolgen bestehend aus Butisan Kombi (Metazachlor + Dimethenamid-P) im Vor- oder frühen Nachauflauf gefolgt von Clearfield-Clentiga erwiesen (LfULG, 2014). Die Kombination dieser beiden Herbizide soll unter der Bezeichnung Clearfield-Kombi Pack vertrieben werden (Schönhammer & Freitag, 2014).

Tabelle 4.2: Relevante Herbizide in Raps (Clearfield-System)

Handelsname	Clearfield-Clentiga	Clearfield-Vantiga
<b>Wirkstoffe (g/l)</b>	Imazamox 12,5 Quinmerac 250	Imazamox 6,25 Quinmerac 125 Metazachlor 375
<b>Aufwandmenge (l/ha)</b>	1	2
<b>Wirkstoffmenge (g/ha)</b>	Imazomox 12,5 Quinmerac 250	Imazamox 12,5 Quinmerac 250 Metazachlor 750
<b>Dash E.C. (l/ha)<sup>1</sup></b>	1	1
<b>Kulturen (BBCH)</b>	Winterraps 10-18 Winterraps 30-50 Sommerraps 10-18	Winterraps 10-18  Sommerraps 10-18
<b>Schadorganismen</b>	einjährige einkeimblättrige Unkräuter einjährige zweikeimblättrige Unkräuter	einjährige einkeimblättrige Unkräuter, einjährige zweikeimblättrige Unkräuter
<b>Zulassungsende</b>	Befindet sich im Zulassungsverfahren	2022

<sup>1</sup> Netzmittel

#### 4.2 Sonnenblume

Unter dem Markennamen DuPont ExpressSun werden Sonnenblumensorten mit einer Resistenz gegenüber Tribenuron-methyl seit 2007 in Nordamerika und Europa durch das Saatzuchtunternehmen Pioneer vertrieben. Diese Herbizidresistenz wurde durch EMS-Mutagenesis (Ethyl-methanesulfonate) erzeugt und mit klassischen Züchtungsmethoden (Trait Introgression) von der Firma DuPont/Pioneer in entsprechenden Hybridsorten entwickelt. Die Resistenz (M7 ALS Trait) ist homozygot und die entsprechenden Sorten sind resistent gegenüber dem Wirkstoff Tribenuron-methyl (Sala et al., 2012).

Tribenuron-methyl ist ein ALS-Inhibitor und gehört zur chemischen Gruppe der Sulfonylharnstoffe. Der Wirkstoff wird bevorzugt über die Blätter und zum Teil über die Wurzeln aufgenommen und schnell in der Pflanze systemisch verteilt. In empfindlichen Pflanzen

hemmt der Wirkstoff die Acetolactat-Synthase (ALS). Das Enzym ist für die Biosynthese der essentiellen Aminosäuren Valin und Isoleucin notwendig. Aufgrund dieser Hemmung kommt es zur Störung der Zellteilung. Nach der Aufnahme tritt sofort ein Wachstumsstillstand in den Vegetationspunkten der Wurzeln sowie des Sprosses ein. Es beginnt der Absterbeprozess der Pflanzen, der sich über mehrere Wochen erstrecken kann. Die beste und schnellste Wirkung wird gegen kleine, schnell wachsende Unkräuter erreicht. Das Herbizid Pointer SX wird in Tribenuron-methyl-resistenten Sonnenblumen entweder mit 2 x 30 g/ha oder 1 x 60 g/ha gegen einjährige zweikeimblättrige Unkräuter im Stadium BBCH 12 bis 16 eingesetzt (Tab. 4.3). Mit Tribenuron-methyl lassen sich sonst in Sonnenblumen nur schwer bekämpfbare Unkräuter wie z. B. die invasive neophytische Art Beifußblättrige Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) bekämpfen. Der derzeitige Anbauumfang in Deutschland liegt zurzeit bei ca. 300 Hektar, hauptsächlich im Land Brandenburg (Drobny, 2014; mündliche Mitteilung).

Tabelle 4.3: Relevante Herbizide in Sonnenblumen (DuPont ExpressSun-System)

<b>Handelsname</b>	<b>Pointer SX</b>
<b>Wirkstoffe (g/kg)</b>	Tribenuron-methyl 500
<b>Aufwandmenge (g/ha)</b>	60 oder 2 x 30
<b>Wirkstoffmenge (g/ha)</b>	Tribenuron-methyl 30
<b>Kulturen (BBCH)</b>	12 - 16
<b>Schadorganismen</b>	einjährige zweikeimblättrige Unkräuter
<b>Zulassungsende</b>	2016

#### 4.3 Mais

Unter dem Duo-System wird europaweit die kombinierte Anwendung von resistenten Mais-Sorten und dem Herbizid Focus Ultra verstanden. Durch veränderte Anbaubedingungen haben sich Gräser, insbesondere die Schadhirse-Arten, stark ausgebreitet. Neben Hühnerhirse (*Echinochloa crus-galli*), die nahezu in ganz Deutschland vorherrschend ist, sind es besonders Borsten- und Fingerhirse-Arten (*Setaria* spp., *Digitaria* spp.). Aber auch ausdauernde Ungräser wie die Gemeine Quecke (*Elymus repens*) nehmen an Bedeutung zu.

Das systemische Gräserherbizid Focus Ultra mit dem Wirkstoff Cycloxydim kann in Cycloxydim-resistenten, sog. Duo-Maissorten, eingesetzt werden (Tab. 4.4). Bei der Cycloxydim-Resistenz handelt es sich um eine zufällig entdeckte, in einer einzelnen Maispflanze spontan aufgetretene Mutation (CTM Traits), die mit herkömmlichen Zuchtmethoden in Maissorten eingekreuzt wird (Vancetovic et al., 2011). Da diese Resistenzeigenschaft rezessiv vererbt wird, müssen beide Elternlinien mit dem Resistenzgen für eine vollständige Herbizidresistenz ausgestattet sein (Vancetovic et al., 2009). Cycloxydim gehört zur chemischen Klasse der Cyclohexandione, deren Vertreter das wichtige Enzym AcetylCoA-Carboxylase (ACC-ase) in monokotylen Pflanzen selektiv hemmen. Focus Ultra kann demzufolge sonst nur in zweikeimblättrigen Kulturen zur selektiven Bekämpfung von Ungräsern eingesetzt werden. In Deutschland erfolgte die Zulassung von Focus Ultra in Cycloxydim-resistenten Mais mit 2,0 l/ha gegen einjährige Ungräser, ausgenommen einjähriges Rispengras (*Poa annua*) und mit 4,0 l/ha zur Niederhaltung der Gemeinen Quecke (*Elymus repens*). Die Anwendung ist nur in Arten und/oder Sorten mit der zusätzlichen Bezeichnung "Cycloxydim-resistent" zulässig (Delik, 2014). Der Anbauumfang ist bisher mit ca. 3.000 ha als relativ unbedeutend zu betrachten. Aufgrund einer tendenziell zunehmenden Nachfrage aus der Anbaupraxis ist allerdings ein Trend zu einem langsamen, aber kontinuierlichen Anstieg im Anbauumfang von Duo-Mais zu verzeichnen (Milk, 2014).

Tabelle 4.4: Relevante Herbizide in Mais (Duo System)

<b>Handelsname</b>	<b>Focus Ultra</b>
<b>Wirkstoffe (g/l)</b>	Cycloxydim 100
<b>Aufwandmenge (l/ha)</b>	2 bzw. 4
<b>Wirkstoffmenge (g/ha)</b>	Cycloxydim 200 bzw. 400
<b>Kulturen (BBCH)</b>	nach dem Auflaufen
<b>Schadorganismen</b>	einjährige einkeimblättrige Unkräuter, Quecke
<b>Zulassungsende</b>	2015

#### 4.4 Zuckerrübe

Die Firmen KWS und Bayer CropScience haben gemeinsam ein Konzept für den Anbau von herbizidresistenten Zuckerrüben entwickelt. Die Herbizidresistenz basiert auf einer sehr selten vorkommenden, natürlichen Veränderung an einem Enzym, das an der Biosynthese von essentiellen Aminosäuren beteiligt ist. Dies bewirkt eine Resistenz gegenüber Herbiziden der Klasse der ALS-Hemmer ohne Verwendung von gentechnischen Verfahren. Von 1,5 Milliarden Zuckerrübenzellen wurde eine Zuckerrübenzelle mit dieser spontanen Veränderung im Erbgut identifiziert und über Zell- und Gewebekulturen *in vitro* vermehrt. In einem nächsten Schritt werden die herbizidresistenten Zuckerrüben in vorhandenes Sortenmaterial eingekreuzt, um neue Sorten zu züchten.

Bei den verwendeten Wirkstoffen handelt es sich um Foramsulfuron und Thiencarbazon, die beide bereits im Mais eingesetzt werden. Beide Wirkstoffe gehören zur Gruppe der ALS-Hemmer.

Thiencarbazon wird sowohl über die Blätter als auch über die Wurzeln aufgenommen und über das Xylem in der Pflanze transportiert. Der Wirkstoff blockiert in den Pflanzen, wie auch Foramsulfuron, die Acetolactat-Synthase (ALS) und unterbindet dadurch die Biosynthese verzweigter Aminosäuren. Es können sich keine neuen Proteine bilden. Es wird die Synthese der Aminosäuren Valin und Isoleucin gestoppt. Zellteilung und Wachstum werden beeinflusst. Somit kommt es zunächst zu einer Hemmung des Wachstums, gefolgt von einem langsam verlaufenden Absterbeprozess (Verfärbungen und später Nekrosen). Weniger empfindliche Ungräser und Unkräuter können mit verzweigtem Wuchs reagieren. Werden größere Ungräser bzw. Unkräuter behandelt oder sind die Wachstumsbedingungen ungünstig, kann sich der Absterbeprozess über einen längeren Zeitraum (5 bis 6 Wochen) erstrecken. Die Unkräuter stellen unmittelbar nach der Behandlung ihre Nährstoff- und Wasseraufnahme ein. Nach der Hemmung des Pflanzenwachstums setzen Aufhellungen akropetal ein, die sich basipetal fortsetzen. Günstige Wachstumsbedingungen fördern die Wirkstoffaufnahme und damit die Wirkungsgeschwindigkeit.

Foramsulfuron wirkt hauptsächlich über die Blätter und in geringerem Maße auch durch Wurzel Aufnahme über den Boden. Bei früher Anwendung können über die Bodenaktivität auch einige sehr empfindliche, kurz nach Applikation auflaufende Unkräuter wie Schwarzer Nachtschatten (*Solanum nigrum*) erfasst werden. Nach der Aufnahme des Wirkstoffes wird dieser über Phloem und Xylem in der Pflanze verteilt.

Die Applikation des Herbizids soll im Splitting oder als Soloanwendung in BBCH 10-18 der Zuckerrübe erfolgen (Tab. 4.5). Die meisten einjährigen einkeimblättrigen und einjährigen zweikeimblättrigen Unkrautarten sollen dabei gut bekämpft werden, soweit sie das 3-Blatt-Stadium nicht überschritten haben. Die entsprechenden Sorten weisen momentan noch deutlich geringere Erträge und Qualitäten auf. Das Herbizidresistenzsystem wird frühestens zur Anbausaison 2017 verfügbar sein.

Tabelle 4.5: Relevante Herbizide in Zuckerrüben (?-System)

<b>Handelsname</b>	?
<b>Wirkstoffe (g/l)</b>	Foramsulfuron 50 Thiencarbazone-methyl 30
<b>Aufwandmenge (l/ha)</b>	1,0 oder 2 x 0,5
<b>Wirkstoffmenge (g/ha)</b>	Foramsulfuron 50 Thiencarbazone-methyl 30
<b>Kulturen (BBCH)</b>	10 - 18
<b>Schadorganismen</b>	einjährige einkeimblättrige Unkräuter, einjährige zweikeimblättrige Unkräuter
<b>Zulassungsende</b>	Zulassung ab 2017? Markteinführung: 2018-2020

## 5 Eigenschaften der in Betracht kommenden Kulturpflanzen

Bei der Bewertung von HR-Systemen müssen die jeweiligen Komponenten auch bezüglich ihrer möglichen Wirkungen über den aktuellen Anbau bzw. das aktuelle Anbaujahr hinaus bewertet werden. Bei herbizidresistenten Kulturen kann die Herbizidresistenz über Auskreuzung oder Überdauerung und Verschleppung der Samen auf angrenzende Flächen und in Folgekulturen gelangen. Daher werden die in Betracht kommenden Kulturpflanzen bezüglich der in der Matrix genannten Eigenschaften bewertet, ergänzt um die Einschätzung des Anbauumfangs, um eine Vorstellung über die räumliche Verbreitung der betreffenden Kultur zu haben. Die in der Matrix aufgeführten Wertzahlen stellen die Einschätzung der Bund-Länder-Expertengruppe dar (Tab. 5.1).

Tabelle 5.1: **Bewertungsmatrix:** Faktorausprägung\* der Kultureigenschaften und Gegebenheiten hinsichtlich des Risikos einer unkontrollierten Verbreitung der Resistenzeigenschaft

<b>Kultureigenschaften</b>	<b>Raps</b>	<b>Sonnenblume</b>	<b>Mais</b>	<b>Zuckerrübe</b>
Anbauumfang	5	1	7	3
Überwinterung	7	1	1	1
Dormanz	7	2	1	8
Fremdbefruchtung	5	5	3	3
Pollentransfer	3	3	2	5
Samentransfer	8	2	2	1

\*) Bewertung durch Wertzahlen von 1 bis 9:

1 = geringer Anteil oder geringe Neigung / Ausprägung.

9 = hoher Anteil oder starke Neigung / Ausprägung.

### Beschreibung der Kultureigenschaften:

- **Anbauumfang:** Anteil einer Kultur in der Fläche (vgl. Tab. 3.1).
- **Überwinterung:** und auch Winterhärte. Fähigkeit einer Kultur, im vegetativen Zustand Kälteperioden zu ertragen und damit die Wahrscheinlichkeit, die Wintermonate zu überstehen. So ist Winterraps kältetolerant bis ca. -15 °C und kann somit mit hoher Wahrscheinlichkeit den Winter überstehen. Mais kann dagegen nur kurzfristig ca. - 3 °C aushalten und würde somit als Pflanze der Winterkälte nicht widerstehen können.



- **Dormanz:** Ausprägung der Keimruhe ausgefallener Samen. Dabei wird auch die Neigung zur Ausbildung einer länger andauernden Dormanz (sekundäre Keimruhe) und die Überdauerungseignung der Samen im Boden berücksichtigt. So können Rapsamen 8 und mehr Jahre im Boden überdauern.
- **Fremdbefruchtung:** Anteil der Befruchtung von Fruchständen über Pollen von Nachbarpflanzen. So liegt der Anteil der Fremdbefruchtung von Raps bei etwa 25 %.
- **Pollentransfer:** Einschätzung in wie weit und wie stark Pollen über Wind bzw. Insekten verbreitet wird. Zum Beispiel fanden Hüsken und Dietz-Pfeilstetter (2006) folgende Auskreuzungsraten für Winterraps:
  - Im Bereich von 0 - 10 m: 0,94 %
  - Im Bereich von 10-20 m: 0,40 %
  - Im Bereich von 20-50 m: 0,14 %
  - Im Bereich von 50-100 m: 0,11 %
  - Im Bereich > 200 m: 0,05 %
- **Samentransfer:** Einschätzung, in wie weit Samen über Saat-, Ernte- und Transportmaschinen verbreitet werden. Dabei ist auch zu beachten, ob eine sortenreine Saatgutaufbereitung (Reinigung, Beizung) mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Bei Raps wird in der Regel nur eine 98%ige Sortenreinheit garantiert.

## 6 Eigenschaften und Bewertung von Komplementärherbiziden in HR-Kulturen

Bei den Komplementärherbiziden werden die in der Matrix genannten Faktoren bewertet, wobei für jedes HR-System ein Vergleich mit einem für die jeweilige Kultur spezifischen konventionellen Herbizidverfahren erfolgt (Tab. 6.1). Die in der Matrix aufgeführten Wertzahlen stellen wiederum das Ergebnis einer Experteneinschätzung dar, wobei die Zahl 5 die Gleichwertigkeit des HR-Systems mit dem konventionellen Anbauverfahren bezeichnet. Ziel der aufgeführten Faktoren ist eine möglichst umfassende Berücksichtigung des jeweiligen Herbizidprofils im konkreten Anbauverfahren und innerhalb des gesamten betrieblichen Produktionssystems.

Tabelle 6.1: **Bewertungsmatrix:** Faktorausprägung\* von Komplementärherbizidanwendungen in verschiedenen Kulturen

Kultur	Raps	Sonnenblume	Mais	Zuckerrübe
<b>Herbizidsystem</b>	Clearfield	ExpressSun	Duo-System	
<b>Faktoren</b>	(Vantiga / Clentiga)			
Wirkungspotenzial	6 / 7	7	8	7
Einsatzflexibilität	6 / 8	8	8	8
Resistenzrisiko	3 / 4	3	5	3
Managementanspruch	3 / 4	8	4	6

\*) relative Bewertung (1 – 9) im Vergleich zu konventionellen Herbizidverfahren;  
1 = deutlich ungünstiger, 5 = gleichwertig, 9 = deutlich günstiger

### Faktorbeschreibung

- **Wirkungspotenzial:** Wirksamkeit und Wirkungssicherheit gegenüber den spezifischen Zielunkräutern im Vergleich zu konventionellen Herbiziden in der jeweiligen Kultur. Zum Beispiel die Bekämpfungsleistung von Cycloxydim bzw. Focus Ultra gegenüber verschiedenen Ungräsern im Mais im Verhältnis zu gräserwirksamen Bodenherbiziden, Sulfonylharnstoff- oder Triketon-Präparaten, oder in Zuckerrüben von Foramsulfuron und Thiencarbazonen gegenüber verschiedenen Herbizidstrategien gegen mono- und dikotyle Verunkrautungen.

- **Einsatzflexibilität:** Relativer Anspruch des jeweiligen Komplementärherbizids an den Einsatztermin, die Unkrautentwicklung und die standortspezifischen Umwelt- bzw. Anwendungsbedingungen im Vergleich zu konventionellen Herbiziden. Hierbei sind auch Aspekte der Kulturverträglichkeit im Vergleich von Komplementärherbiziden und konventionell selektiven Herbiziden von Bedeutung.
- **Resistenzrisiko:** Gefährdung hinsichtlich der Selektion herbizidresistenter Biotypen im Vergleich zur Anwendung konventioneller Herbizide (Owen, 2011; Vencill et al., 2012). Das relative Risiko bezieht sich hierbei auf die Gefährdung für das im HR-System einsatzfähige Herbizid, als auch auf den Einfluss auf das Resistenzrisiko im Rahmen üblicher Fruchtfolgen. Ein ALS-Hemmer hat ein relativ hohes spezifisches Resistenzrisiko und zudem wird die Anwendungsfrequenz dieser risikobelasteten Wirkstoffgruppe in der Fruchtfolge erhöht. Eine Bewertung wird daher unter Berücksichtigung von notwendigen Maßnahmen zur Resistenzvermeidung in der Fruchtfolge vorgenommen. Bei einem anderen Szenario (bei häufigem Einsatz von ALS-Herbiziden und Pflugverzicht in der Fruchtfolge) steigt das Resistenzrisiko deutlich an.
- **Managementanspruch:** Anforderungen hinsichtlich der Planung und Umsetzung der eigentlichen Herbizidbehandlung (Tankmischung, Spritzfolge, etc.) und der Einbindung des HR-Verfahrens in die Fruchtfolge und den Betriebsablauf. Hierbei sind auch ggf. vorhandene Nebeneffekte und Folgewirkungen oder Sicherheitsmaßnahmen gegenüber anderen Betrieben zu berücksichtigen (Pacanoski, 2006).

## 7 Spezifische Betrachtung der HR-Systeme

Im Folgenden werden die biologischen Eigenschaften der Kulturpflanzen vor dem Hintergrund des aktuellen Anbauumfangs und gängiger Fruchtfolgen (Kapitel 5) mit den jeweiligen Profilen der in Frage kommen Herbiziden (Kapitel 6) zu einer spezifischen HR-Systembewertung zusammengefügt.

### 7.1 Raps

Winterraps wird in Deutschland auf einer Fläche von ca. 1,5 Mio ha angebaut. Dadurch ist das theoretische Anwendungspotenzial des Clearfield-Systems als hoch einzuschätzen. Das HR-System (Clearfield-Vantiga D, Clearfield-Clentiga) bietet auf Grund seines Wirkungsspektrums spezifische Vorzüge bei der Bekämpfung von Kreuzblütlern wie Rauke-Arten (*Sisymbrium* spp.), Orientalisches Zackenschötchen (*Bunias orientalis*), Acker-Hellerkraut (*Thlaspi arvense*), Gewöhnliches Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*), Hederich (*Raphanus raphanistrum*), Echtes Barbarakraut (*Barbarea vulgaris*) u.a. (Klingenhagen, 2014; Meinschmidt & Ewert, 2014). Die Einsatzflexibilität ist im Vergleich zu den Alternativen (Clomazone) gegen die o.g. Verunkrautung höher (Schönhammer et al., 2012). Es ist zu erwarten, dass dieses HR-System, insbesondere durch die ungünstigen Anwendungsbestimmungen der Alternativherbizide, in Zukunft zunehmend eingesetzt werden wird.

Dadurch, dass Clearfield-Raps mit ALS-Hemmern nicht mehr sicher zu bekämpfen ist, werden die Möglichkeiten der Unkrautbekämpfung in anderen Kulturen eingeschränkt (Buhre et al., 2012; Krato & Petersen, 2012; Schmalstieg et al., 2012). Problematisch wird dies, wenn Raps mit der entsprechenden Resistenz auf Flächen Dritter gelangt. Ein Transfer der HR-Eigenschaft von Clearfield-Raps über die Anbaufläche hinaus oder über das Anbaujahr hinaus ist aufgrund der biologischen Merkmale der Kultur als sehr relevant zu bezeichnen. Hauptfaktor bei der Verbreitung sind Ernte- und Transportmaschinen. Aber auch bei der Saat können sich Landwirte kaum davor schützen. Selbst wenn herkömmlicher Raps bestellt wird, wird von Züchtern und Vermehrern lediglich garantiert, dass der Anteil an CL-Raps unter 2 %

liegt. Das heißt, dass bei einer Saatstärke von 50 Körnern je m<sup>2</sup> jeweils 1 Korn je m<sup>2</sup> die Resistenzeigenschaft in sich tragen kann.

Hinzu kommt, dass der Wirkungsmechanismus ALS-Hemmung des verwendeten Komplettäherbizids Clearfield-Vantiga und Clearfield-Clentiga einem überdurchschnittlichen Resistenzrisiko bei verschiedenen wichtigen Leitunkrautarten im deutschen Ackerbau unterliegt (Heap, 2014; Rosenhauer et al., 2014; Sievernich & Menegat, 2014). Um die Effizienz und Anwendungsfähigkeit des HR-Systems nicht zu gefährden, ist die Umsetzung eines angepassten Herbizid-Resistenzmanagements unverzichtbar. Hierbei muss insbesondere die Anwendungshäufigkeit von ALS-Hemmern zur Unkrautbekämpfung im Rahmen der Fruchtfolge auf ein verträgliches Maß begrenzt werden.

Unter Betrachtung der o.g. Punkte ist die relative Vorzüglichkeit des Systems gegenüber den Alternativen nur dann höher, wenn die Anforderungen an das Management (u.a. Eintrag von CL-Raps in Flächen Dritter verhindern, Resistenzmanagement) von den Anbauern voll erfüllt werden (Crop Care, 2012; Gehring et al., 2012; Mauro & McLachlan, 2008) und die spezifische Unkrautbekämpfungsleistung der CL-Herbizide gegenüber der standort-spezifischen Unkrautflora umgesetzt werden können.

## 7.2 Sonnenblume

Der Anbauumfang der Kultur Sonnenblume in Deutschland mit 0,2 % der Ackerfläche ist sehr gering. Das HR-System bietet eine gezielte Unkrautbekämpfung im Nachauflauf im Sinne des integrierten Pflanzenschutzes.

Die Einsatzflexibilität über einen relativ langen Zeitraum von 2- bis 6-Blattstadium der Sonnenblume ermöglicht die Kontrolle von vielen schwerbekämpfbaren Unkräutern einschließlich der Distel-Arten. Im Gegensatz zu den herkömmlichen Herbiziden ist die Wirksamkeit weitgehend unabhängig von der Witterung und Bodenfeuchtigkeit (Delchev, 2013). Die Mischbarkeit mit Graminiziden ist gegeben. Der Anbau von Tribenuron-methyl-resistenten Sonnenblumensorten stellt gegenwärtig die einzige Alternative für stark mit Beifußblättriger Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia*) verunkrautete Flächen dar. Über den längeren Anwendungszeitraum können auch mehrere Wellen von Ambrosia erfasst werden. Der Einsatz als Spritzfolge zeigt eine höhere Wirksamkeit im Vergleich zur Einzelanwendung (Kazinci et al., 2008). Die Applikation von Pointer SX mit 60 g/ha bzw. die Spritzfolge mit zweimal 30 g/ha Pointer SX im Nachauflauf verursachten keine phytotoxischen Schäden an der Kulturpflanze (Schröder & Meinschmidt, 2009). Die Mischbarkeit mit Gräserherbiziden wie Fusilade Max oder Agil S ist bei der 2. Splitting-Applikation gegeben (Schlagenhaufen, 2011). Um hohe Wirkungsgrade gegen die dikotyle Unkrautflora zu erreichen, muss das System mit einer Vorlage eines bewährten Bodenherbizids kombiniert werden.

In den letzten Jahren wurden in Deutschland die ersten Resistenzen gegenüber ALS-Hemmern bei der Echten und der Geruchlosen Kamille (*Matricaria chamomilla*; *M. inodora*) sowie beim Zurückgebogenen Amarant (*Amaranthus retroflexus*) nachgewiesen (Drobny et al., 2008; Ulber et al., 2012; Heap, 2014). Daher besteht ein erhöhtes Risiko im Vergleich zur Anwendung konventioneller Herbizide. Resistente Kamille- und Amarant-Pflanzen werden von Pointer SX nicht mehr erfasst, aber zum großen Teil durch die Basisherbizide. Die Tribenuron-resistenten Ausfallsonnenblumen lassen sich in den Folgekulturen nicht mehr mit reinen Sulfonylharnstoffen bekämpfen. Gute Lösungen sind in Folgekulturen Mais, Getreide oder Zuckerrüben gegeben (Schröder & Patschke, 1995; Schlagenhaufen, 2011).

Das HR System kann relativ einfach in die Praxis umgesetzt werden (Streit, 2012). Ein Transfer der HR-Eigenschaft (Pollen- und Samentransfer) stellt aufgrund der Kultureigenschaften ein geringes Risiko dar.

In der Gesamtbewertung zeigt das HR-System eine relativ hohe Vorzüglichkeit im Vergleich zur praxisüblichen Unkrautbekämpfung in der Sonnenblume (Godar, 2009), vor allem auf Standorten mit schwer bekämpfbaren Problemunkräutern.

### 7.3 Mais

Aufgrund des Anbauumfangs der Kultur Mais (rund 2,5 Mio. ha) besteht theoretisch ein hohes Anwendungspotenzial für das HR-System Duo-Mais (Cycloxydim-resistente Maissorten mit Einsatz des Graminizids Focus Ultra). Bisher hat die Anbaupraxis diese Technologie allerdings nur in sehr geringem Umfang (<< 1 %) umgesetzt. Die relativ höheren Managementanforderungen des HR-Systems, insbesondere das Risiko von Fehlanwendungen des Komplementärherbizids in Nicht-HR-Sorten, scheint bisher die wirkungs- und einsetztechnischen Vorzüge des Duo-Systems aus Sicht der einzelnen Maisanbauer noch nicht ausgleichen oder überkompensieren zu können. Ein leicht zunehmender Trend im Anbauumfang, wenngleich auf sehr niedrigem Niveau (derzeit rund 3.000 ha/Jahr), deutet jedoch an, dass die hohe Wirkungseffizienz gegenüber bestimmten monokotylen Unkräutern bzw. Leitunggräsern wie z. B. Acker-Fuchsschwanz (*Alopecurus myosuroides*), Gemeine Quecke (*Elymus repens*), Hirse-Arten, Trespen-Arten (*Bromus* spp.), Ausfallgetreide, Weidelgräser (*Lolium*-Arten) und die überdurchschnittliche Einsatzflexibilität über einem relativ langen Zeitraum im Nachauflauf in der Bewertung der anwendungstechnischen Vorzüglichkeit an Bedeutung gewinnen (Burke et al., 2008). Durch die systemimmanente Selektivität von Focus Ultra in Duo-Mais können durchschnittlich 6 – 8 % Ertragsleistung und bis zu 17 % Ertragsleistung unter kritischen Witterungsbedingungen im Vergleich zum Einsatz üblicher Gräser-Sulfonylharnstoffe im Maisanbau umgesetzt werden (Pferdmenges et al., 2010).

Im Bereich des Umwelt- bzw. Gewässerschutzes besteht mit dem Duo-System die Möglichkeit, den in der Anbaupraxis häufig eingesetzten gräserwirksamen Sulfonylharnstoff Nicosulfuron zu ersetzen.

Ein Transfer der HR-Eigenschaft von Duo-Maissorten über die Anbaufläche hinaus oder über das Anbaujahr hinaus ist aufgrund der biologischen Merkmale der Kultur als nicht relevant zu bezeichnen. Der Wirkungsmechanismus (ACCCase-Hemmer) des verwendeten Komplementärherbizids Focus Ultra unterliegt einem überdurchschnittlichen Resistenzrisiko bei verschiedenen, wichtigen Leitunggräsern im deutschen Ackerbau (Heap, 2014). Um die Effizienz und Anwendungsfähigkeit des HR-Systems nicht zu gefährden ist die Umsetzung eines angepassten Herbizid-Resistenzmanagements unverzichtbar (Kukorelli et al., 2012). Hierbei muss insbesondere die Anwendungshäufigkeit von ACCCase-Hemmern zur Ungrasbekämpfung im Rahmen der Fruchtfolge auf ein verträgliches Maß begrenzt werden.

In der Gesamtbewertung kann das Duo-System als eine relativ vorzügliche Technologie zur gezielten Ungraskontrolle bezeichnet werden, mit der Herausforderungen im Bereich von z. B. zunehmenden Ungrasbesatzdichten bei vermehrt nicht-wendender Bodenbearbeitung oder dem Auftreten von invasiven Neophyten (z. B. Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*), Hundszahngras (*Cynodon dactylon*)) begegnet werden kann. Die nachhaltige Vorzüglichkeit und Anwendungsfähigkeit des Duo-Systems muss durch ein sachgerechtes Anti-Resistenzmanagement zur Vermeidung von herbizidresistenten Ungräsern abgesichert werden.

### 7.4 Zuckerrübe

Eine Bewertung des HR-Systems Zuckerrübe ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur vorläufig möglich, da erst wenige Versuchsergebnisse vorliegen. Die Applikation des Herbizids soll im Splitting oder als Sololanwendung in BBCH 10-18 der Zuckerrübe erfolgen.

Als Vorteile dieses HR-Systems werden in der Zuckerrübe ein verminderter Behandlungsindex und reduzierte Wirkstoffgehalte pro Fläche erwartet. Weiterhin wird in den ersten Versuchen eine hohe Kulturverträglichkeit beobachtet. Diese Kulturverträglichkeit soll dem HR-System einen 5- bis 9%igen Ertragsvorteil gegenüber dem konventionellen System ermöglichen.

Die Wirkstoffe Thiencarbazon und Foramsulfuron werden in Kombinationen mit anderen Wirkstoffen bereits im Mais eingesetzt. Gegen die in Zuckerrüben spezifisch auftretenden Unkrautarten wie Gänsefuß-Arten (*Chenopodium* spp.), Bingelkraut (*Mercurialis annua*), Hundspetersilie (*Aethusa cynapium*), Storchschnabel-Arten (*Geranium* spp.) und Knöterich-Arten (*Polygonum* spp.) wird voraussichtlich eine Splittinganwendung höhere Wirkungen erbringen. Ob eine erwartete Wirkungslücke gegen Persischen Ehrenpreis (*Veronica persica*) oder gegen die in Wellen auflaufenden Bingelkraut-Pflanzen im Einzelfall eine Ergänzung durch übliche Bodenwirkstoffe im Rübenanbau erforderlich macht, wird zurzeit noch geprüft.

ALS-Hemmer haben ein relativ hohes spezifisches Resistenzrisiko (Heap, 2014). Die Anwendung eines ALS-Hemmers in der Kultur Zuckerrübe ist aus Sicht einer effektiven Resistenzvermeidungsstrategie kontraproduktiv, insbesondere wenn ALS-Hemmer in der Fruchtfolge bereits eingesetzt werden. HR-Zuckerrüben erhöhen die Anwendungsfrequenz dieser risikobelasteten Wirkstoffgruppe in der Fruchtfolge mit Getreide. Bei einem standortspezifisch starken Schadgrasbesatz sollte daher die Anwendung eines ALS-Hemmers auf die Getreidekultur begrenzt bleiben. Insbesondere im pfluglosen Anbau der HR-Zuckerrübe erhöht sich ansonsten die Resistenzgefährdung der Schadgraspopulation gegenüber einem gräserwirksamen ALS-Hemmer.

Zusammenfassend zeigt der Anbau von HR-Zuckerrüben eine relative Vorzüglichkeit gegenüber dem konventionellen Anbau, allerdings erfordert das System einen relativ hohen Anspruch an das Management (Wirkungslücken, Gefahr von Fehlanwendungen, Resistenzmanagement).

## 8 Empfehlungen an den Auftraggeber

Auf der Basis der vorliegenden Bewertungen für Herbizidresistenz-Systeme, bestehend aus einer konventionell gezüchteten Kultursorte und einem Komplementärherbizid, werden im Folgenden Vorschläge gemacht, wie weiter mit der Frage der Bewertung und Zulassung dieser beiden Komponenten verfahren werden soll. Die hierfür notwendigen Rechtsgrundlagen sind ggfs. anzupassen oder neu zu schaffen, ggf. wegen der Warenverkehrsfreiheit im Binnenmarkt auch auf EU-Ebene.

Im Rahmen der Zulassung von Komplementärherbizid und HR-Sorte wird von den Expertinnen und Experten des Bundes und der Länder eine umfassende Systembewertung für notwendig erachtet, an deren Ende eine eindeutige Entscheidung für oder gegen die Nutzung des gesamten HR-Systems steht. Dies wird besonders damit begründet, dass a) die Produktion und der Anbau der HR-Sorte besondere Anforderungen stellen und b) die Anwendung eines Komplementärherbizids auf andere Weise erfolgt, als in anderen Anbauverfahren.

Eine solche Bewertung muss, wie aus der Gesamtbetrachtung im Kapitel 7 hervorgeht, fallspezifisch für jedes HR-System durchgeführt werden, da zunächst die sensiblen Bereiche im Anbauverfahren zu identifizieren und zu bewerten sind. Bei der Abwägung der Vorteile gegen die Nachteile ist zu berücksichtigen, ob das jeweilige HR-System gegenüber den bisher praktizierten Anbausystemen unvermeidbare, negative Auswirkungen außerhalb der

eigentlichen Anbaufläche oder über die eigentliche Kulturdauer hinaus im Rahmen der Fruchtfolge auf der Anbaufläche verursacht. In diesem Fall ist zu bewerten, inwieweit diesen Nachteilen oder Risiken durch geeignete Maßnahmen entgegen gewirkt werden kann. Eine Nutzen-Risiko-Abwägung ist vorzunehmen, da HR-Systeme auch Vorteile gegenüber den bisher praktizierten Anbausystemen aufweisen können.

Aus Sicht der Bund-Länder-Expertengruppe zeigt die Gesamtbetrachtung, dass für den HR-Raps ein erhöhter Handlungsbedarf besteht.

Diese Maßnahmen sollten sich sowohl an die Produktverantwortung der Inverkehrbringer von Komplementärherbizid und HR-Sorte als auch an den Anbauer als Nutzer des HR-Systems richten. Die bisher geltenden zivilrechtlichen Regelungen reichen nicht für jedes System aus. Notwendig ist insbesondere die Vermeidung negativer Auswirkungen in bestimmten Anbausystemen (Knezevic, 2007), wie z. B. durch die Verschleppung der HR-Eigenschaft, die verstärkte bzw. beschleunigte Entwicklung von herbizidresistenten Unkräutern (Green & Owen, 2011) und die mittel- bis langfristig erhöhte Anwendungsintensität von Herbiziden in den einzelnen Anbausystemen.

Folgende Maßnahmen kommen in Betracht (geordnet nach ihrer Bedeutung):

1. Kennzeichnungspflicht für das HR-Saatgut innerhalb der EU,
2. Auskunfts-/Anzeigepflicht der Züchter/Vertreiber über den Absatz der HR-Sorten sowie des HR-Anbauers über die mit HR-Sorten bestellten Flächen gegenüber den zuständigen Behörden, den Nutzern der angrenzenden landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Flächen und ggf. der auf dem Betrieb agierenden Lohnunternehmern,
3. spezifische Anforderungen an die Saatgutreinheit (Besatzgrenzwerte von HR-Saatgut in konventionellen Saatgut) zur Verhinderung der Verschleppung von HR-Eigenschaften,
4. Vorgaben, um mögliche nachteilige Wirkungen auf andere Flächen zu vermeiden oder zu minimieren (z. B. durch Einhalten von Abständen),
5. Vorgaben für ein Wirkstoffmanagement in der gesamten Fruchtfolge um Resistenzentwicklungen und dadurch ggf. erhöhtem Herbizideinsatz vorzubeugen (z. B. Grenzen für die Anwendungshäufigkeit des entsprechenden Komplementärherbizids).

Unterlagen zur Bewertung etwaiger Risiken des jeweiligen HR-Systems und zur Gestaltung der notwendigen Maßnahmen müssen bereits mit den Anträgen auf Zulassung des Komplementärherbizids und der HR-Sorte vorgelegt werden. Im Falle einer positiven Entscheidung in Verbindung mit Auflagen für ein Sicherheitsprogramm ist zu beachten, dass dieses sowohl für das Inverkehrbringen von HR-Sorte und Komplementärherbizid als auch für den Anbau verbindlich ist und durch die Behörden überwacht werden kann. Lässt sich eine solche Verbindlichkeit und Überwachbarkeit nicht herstellen oder überwiegen trotz der angedachten Sicherheitsmaßnahmen die mit dem System verbundenen Nachteile, sollte die Zulassung der HR-Sorte und des Komplementärherbizids versagt werden.

Zusätzlich sind die in den jeweiligen HR-Systemen erforderlichen Maßnahmen in die jeweiligen kultur- oder sektorspezifischen Leitlinien integrierter Pflanzenschutz aufzunehmen. Es wäre auch zu prüfen, ob eine Berücksichtigung geeigneter Maßnahmen im Nationalen Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) sinnvoll ist.

BMEL wird empfohlen, zu prüfen, inwieweit durch den skizzierten Handlungsbedarf neue rechtliche Regelungen ggf. auf EU-Ebene (Morris, 2006) angestoßen werden müssen.

## 9 Literaturverzeichnis

- Beckert, M., Y. Dessaux, C. Charlier, H. Darmency, C. Richard, I. Savini, A. Tibi, 2011: *Herbicide-tolerant plant varieties: Agronomic, environmental and socio-economic effects*. Collective scientific expertise: Summary of the experts' report. Translated by L. Sayre. CNRS-INRA (France), 81 pp.
- BMELV, 2013: Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2013, Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup
- Bröcker, M., 2012: Clearfield-Raps – Das sollten Sie wissen. *Top agrar*, **8**, 46-50.
- Bröcker, M., 2013: Clearfield-Raps – Die ersten Erfahrungen. *Top agrar*, **7**, 76-77.
- Brookes, G., P. Barfoot, 2014: GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2012. PG Economics, Dorchester, UK, p. 189.
- Buhre, C., H. Bremer, E. Ladewig, 2012: Bekämpfung von Clearfield-Ausfallraps in Zuckerrüben. *Julius-Kühn-Archiv*, 434, 443-449.
- Burke, I.C., T.E. Walter, A.R. Jayla, J. Collins, J.W. Wilcut, 2008: A Comparison of Weed Control in Herbicide-Resistant, Herbicide-Tolerant, and Conventional Corn. *Weed Technology*, **22**(4), 571-579.
- Carpenter, J.E., 2011: Impact of GM crops on biodiversity. *Landes Bioscience*, 2(1), 7-23.
- Cobb, A.H., P.H. Reade, 2011: Herbicides and Plant Physiology, Chapter 13 – Herbicide-Tolerant Crops. John Wiley & Sons, 296 pp.
- Crop Care, 2012: Clearfield – Best Management Practice. Internet online [http://www.cropcare.com.au/StewardshipAccreditation?searchTerms\[\]=clearfield](http://www.cropcare.com.au/StewardshipAccreditation?searchTerms[]=clearfield) Download at 17.07.2014, 16 pp.
- Delik, T., 2014: PAPI - Programm zur Pflanzenschutzmittel-Auswertung und –Information. Saphir Verlag, Ribbesbüttel, Datenstand: 05.06.2014.
- Delchev, G., 2013: Efficacy and selectivity of vegetation-applied herbicides and their mixtures with growth stimulator Amalgerol premium at oil-bearing sunflower grown by conventional, Clearfield and ExpressSun technologies. *Agricultural Science & Technology*, **5**(2), 200-205.
- Drobny, H., 2014: Anbauumfang von HR-Sonnenblume in Deutschland. Persönliche Mitteilung.
- Drobny, H.G., J. Perez, M. Feierler, F.G. Felsenstein, J.R. Gertz, C. Schleich-Saidfar, N. Balgheim, 2008: Auftreten und Charakterisierung von einzelnen Kamille-Populationen (*Matricaria recutita* L.) mit Resistenz gegen ALS-Hemmer in Schleswig Holstein, *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI*, 11-19.
- Godar, A.S., 2009: Weed Control in Herbicide-tolerant Sunflower. Master Thesis, Kansas State University, Department of Agronomy, Manhattan, USA, 66 p.
- Gehring, K., 2011: Clearfield Winter Oilseed Rape – a risk-benefit analysis. *J. Plant Dis. Protect.*, **2**, 8-9.
- Gehring, K., G. Klingenhagen, D. Wolber, 2012: Sicherheitsmanagement für die nachhaltige Anwendung des Clearfield-Produktionssystems im Anbau (*Brassica napus*) aus Sicht des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. *Julius-Kühn-Archiv*, 438, 289-299.
- Green, J.M., M.D. Owen, 2011: Herbicide-Resistant Crops: Utilities and Limitations for Herbicide-Resistant Weed Management. *J. Agric. Food Chem.* **59**, 5819–5829.
- Heap, I.M., 2014: International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Internet online [www.weedscience.org](http://www.weedscience.org). Last Accessed May 30, 2014.
- Hüsken, A., A., Dietz-Pfeilstetter, 2006: Pollen-mediated gene flow from herbicide resistant oilseed rape *Brassica napus* L.). *Transgenic Research* **16**, 557-569..
- Kazinczi, G., R. Novák, Z. Pathy, I. Béres, 2008: Common Ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.): a Review with special regards to the results in Hungary. III. Resistant biotypes, control methods and authority arrangements. *Herbologia*, **9**(1), 120-144.
- Kirkwood, R.C., 2002: Herbicide-Tolerant Crops. In: *Weed Management Handbook*, Blackwell Publishing, Oxford, UK, 253-279.

- Klingenhagen, G., 2014: Cruciferous weeds in oil seed rape – appearance and control. Julius-Kühn-Archiv, 443, 606-610.
- Knezevic, S.Z., 2007: Herbicide tolerant crops – 10 years later. *Maydica*, **52**, 245-250.
- Krato, C., J. Petersen, 2012: Wirksamkeit unterschiedlicher Herbizide bzw. Herbizidmischungen gegen Imidazolinon-toleranten Ausfallraps in Zuckerrüben. Julius-Kühn-Archiv, 443, 353-359.
- Kukorelli, G., P. Reisinger, G. Kazinczi, 2012: Results of the study of cross-resistance and effect of herbicide on crops in the production of cycloxydim-tolerant maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, **57**, 188-193.
- Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Landesamt für Landwirtschaft, Lebensmittelsicherheit, und Fischerei, Mecklenburg-Vorpommern, Regierungspräsidium Gießen - Pflanzenschutzdienst Hessen, Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, 2012: Clearfield® - Raps. Internet online <https://www.landwirtschaftskammer.de/landwirtschaft/pflanzenschutz/ackerbau/pdf/info-clearfield-raps.pdf>, Letzter Abruf am 17.07.2014, 58 Seiten.
- LfULG, 2014: Versuchsberichte des Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2014, noch unveröffentlicht.
- Lusser, M., C. Parisi, D. Plan, E. Rodriguez-Cerezo, 2012: Deployment of new biotechnologies in plant breeding. *Nature Biotechnology*, **30**(3), 231-239.
- Mauro, I.J., S.M. McLachlan, 2008: Farmer Knowledge and Risk Analysis – Postrelease Evaluation of Herbicide-Tolerant Canola in Western Canada. *Risk Analysis*, **28**(2), 463-475.
- Meinlschmidt, E., K. Ewert, 2014: Erste Praxiserfahrungen mit dem Clearfield-Produktionssystem in Winterraps. *Raps* 3, 24-28.
- Milk, H., 2014: Anbauumfang von Duo-Mais in Deutschland. Persönliche Mitteilung.
- Morris, S.H., 2006: EU biotech crop regulations and environmental risk – a case of the emperor's new clothes? *Trends in Biotechnology*, **25**(1), 2-6.
- Owen, M.D., 2011: Weed resistance development and management in herbicide-tolerant crops: experiences from the USA. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, **6**(1), 85-89.
- Pacanoski, Z., 2006: Herbicide Resistant Crops – Advantages and Risks. *Herbologia*, **7**, 47-57.
- Pferdmenges, F., S. Chenevier, J. Polzin, H. Vantieghem, A. Schönhammer, 2010: DuoSystem in Mais (*Zea mays* L.) – Gräserbekämpfung mit Selektivitätsabsicherung. Julius-Kühn-Archiv, 428, 485.
- Pflanzenschutzgesetz vom 6. Februar 2012 (BGBl. I S. 148, 1281), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 87 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)".
- Rosenhauer, M., B. Sievernich, J. Petersen, 2014: Impact of imazamox containing herbicides on the development of resistance in black-grass (*Alopecurus myosuroides* Huds.). Julius-Kühn-Archiv, 443, 252-260.
- Sala, C.A., Bulos, M., Altieri, E. and Ramos, M.L., 2012: Genetics and Breeding of Herbicide Toerance in Sunflower. *HELIA*, **35**(57) 57-70.
- Santel, H.-J., 2012: Thiencarbazonemethyl (TCM) and Cyprosulfamide (CSA) – a new herbicide and a new safener for use in corn. Julius-Kühn-Archiv, 434, 499-405.
- Schlagenhaufen, J., 2011: Express SX-tolerante Sonnenblumen – eine neue Technologie setzt sich durch. 52. Österreichische Pflanzenschutztag. Tagungsband, S. 45.
- Schmalstieg, H., K. Schöffler, R. Götz, 2012: Bekämpfung von Clearfield-Raps mit Getreide-Herbiziden. Julius-Kühn-Archiv, 438, 448.
- Schröder, G., K. Patschke, 1995: Unkrautbekämpfung in Sonnenblumen sowie Durchwuchsbekämpfung von Sonnenblumen in Folgekulturen. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft*, 310, 85-93.



- Schröder, G., E. Meinlschmidt, 2009: Untersuchungen zur Bekämpfung von Beifußblättriger Ambrosie (*Ambrosia artemisiifolia* L.) mit herbiziden Wirkstoffen. *Gesunde Pflanzen* **61**, 135-150.
- Schönhammer, A., J. Freitag, H. Vantieghem, 2012: Ergebnisse zur herbiziden Leistungsfähigkeit des Clearfield-Herbizids Vantiga. *Julius-Kühn-Archiv*, 438, 288.
- Schönhammer, A., J. Freitag, 2014: Clearfield®-Clentiga® und Clearfield® Kombi Pack erweitern die Herbizidpalette zur gezielten Unkrautbekämpfung in Winter- und Sommerraps. *Julius-Kühn-Archiv*, 443, 543-551.
- Shaner, D.L., N.F. Bascomb, W. Smith, 1996: Imidazolinone-resistant Crops – Selection, Characterization and Management. In: Duke, S.O.: *Herbicide-resistant Crops*. CRC-Press, Boca Raton, Florida, USA, 143-158.
- Sievernich, B., A. Menegat, 2014: Impact of non-target-site-resistance on herbicidal activity of imazamox on blackgrass (*Alopecurus myosuroides* Huds.) in comparison to other ALS-graminicides. *Julius-Kühn-Archiv*, 443, 98-105.
- Smyth, S.J., M. Gusta, K. Belcher, P. Phillips, D. Castle, 2011: Environmental impacts from herbicide tolerant canola production in Western Canada. *Agricultural Systems*, **104**, 403–410.
- Streit, L., 2012: DuPont™ ExpressSun™ Herbicide Technology in Sunflower. In: Proc. 18th Sunflower Conf., Mar del Plata-Balcarce, Argentina, 143-149.
- Tan, S., R.R. Evans, M.L. Dahmer, B.K. Sing, D.L. Shaner, 2005: Imidazolinone-tolerant crops – history, current status and future. *Pest Manag. Sci.*, **61**, 246-257.
- Ulber, L., E., Svoboda, B. Jaser, F.G. Felsenstein, P. Zwerger, 2012: Deutschlandweites Monitoring zur ALS-Resistenz bei Kamille-Arten. *Julius-Kühn-Archiv*, 438, 318-319.
- Vancetovic, J., M. Simic, S. Bozinovic, 2011: ZP Ultra Hybrids – A new Technology of Weed Suppression in Maize Crops. *Herbologia*, **12**(2), 49-54.
- Vancetovic, J., M. Vidakovic, M. Babic, D. Brankovic Radojcic, S. Bozinovic, M. Stevanovic, 2009: The Effect of Cycloxydim tolerant Maize (CTM) Alleles on Grain Yield and Agronomic Traits of Maize Single Cross Hybrid. *Maydica*, **54**(1), 91-95.
- Vencill, W.K., R.L. Nichols, T.M. Webster, J.K. Soteres, C. Mallory-Smith, N.R. Burgos, W.G. Johnson, M.R. McClelland, 2012: Herbicide Resistance: Toward an Understanding of Resistance Development and the Impact of Herbicide-Resistant Crops. *Weed Science*, Special Issue, 2–30.
- Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates (ABl. L 309 vom 24.11.2009, S.1).
- Verordnung (EU) Nr. 546/2011 der Kommission vom 10. Juni 2011 zur Durchführung der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich einheitlicher Grundsätze für die Bewertung und Zulassung von Pflanzenschutzmitteln (ABl. L 155 vom 11.06.2011, S.127).
- Verordnung (EU) Nr. 283/2013 der Kommission vom 1. März 2013 zur Festlegung der Datenanforderungen für Wirkstoffe gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (ABl. L 93 vom 03.04.2013, S.1).
- Wolber, D., 2011: Clearfield production system for winter oilseed rape. *J. Plant Dis. Protect.*, **2**, 9.
- Wolber, D., T.-K. Niehoff, 2012: Clearfield-Raps, herbizidtoleranter Raps ohne Gentechnik – Fortschritt oder Rückschritt? *Raps*, **30**(3), 22-26.