



---

## **Bericht**

**Zur Erstellung eines aktuellen Rankings der Anwendung von  
Pflanzenschutzmittelwirkstoffen in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts**

**2010**

Im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des  
Landes Sachsen-Anhalt

Bearbeiter:

Dr. habil. Wolfgang Heyer  
Tel.: (0345) 279 879 6  
Fax: (0345) 279 913 2  
Mail: [wolfgang.heyer@landw.uni-halle.de](mailto:wolfgang.heyer@landw.uni-halle.de)

Halle (S.), 12.11.2010

## Inhalt:

Tabellenverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	6
Zusammenfassung.....	7
1. Anliegen des Berichtes.....	10
2. Datengrundlagen und methodisches Vorgehen .....	13
2.1 Datengrundlagen und Datenerfassung .....	13
2.1.1 Auswahl der Agrarregionen.....	13
2.1.2 Auswahl der Jahre.....	18
2.1.3 Auswahl der Betriebe .....	18
2.1.4 Auswahl zu erfassender Daten .....	19
2.2 Regionale Daten der Anbaustruktur.....	22
2.3 weitere Datengrundlagen .....	22
2.4 Beurteilung der Datenqualität.....	23
2.4.1 Datenumfang und Wirkstofffassung .....	23
2.4.2 Beziehung zwischen Produkt- und Wirkstoffmenge.....	26
2.2 Methodisches Vorgehen.....	27
2.2.1 Allgemeine Angaben .....	27
2.2.2 Anwendung statistischer Verfahren.....	32
3. Ergebnisse.....	32
3.1 PSM – Anwendung in der Landwirtschaft und bei Dauerkulturen .....	32
3.1.1 PSM – Einsatz in Abhängigkeit von den Fruchtarten und Agrarregionen .....	32
3.1.2 Abhängigkeit des PSM – Einsatzes von den Jahren und den Betriebstypen.....	38
3.1.3 Bedeutung der Befunde für die Ableitung einer Wirkstoffrangfolge .....	40
3.2 Wirkstoffe und Wirkstoffranking.....	40
3.2.1 Ranking nach Standort und betriebsbezogenen Kriterien.....	40
3.2.1.1 Rangbildung auf Grundlage der Wirkstoffmengen .....	40
3.2.1.2 Rangbildung auf Grundlage des Verschnitts der betrieblich erhobenen Wirkstoffmengen mit den Statistikdaten der regionalen Anbaustrukturen.....	43
3.2.2 Ranking nach wirkstoffbezogenen Kriterien .....	47
3.2.3 Ranking nach Ähnlichkeit der Wirkstoffeigenschaften .....	48
3.2.3 Kombination von Rangkriterien .....	49
3.2.4 Beurteilung der Treffgenauigkeit und Aussagesicherheit der methodischen Ansätze zur Rangbildung .....	50
3.3 Zeitliche Verteilung der Wirkstoffapplikationen .....	52

4.	Diskussion der Befunde.....	54
4.1	Einsatz von Pflanzenschutzmittel und Umfang der Wirkstofffunde .....	54
4.2.	Methodischer Ansatz.....	55
5.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen für das Gewässermonitoring .....	56
5.2	Ausrichtung des Monitorings .....	58
5.3	Weitere Empfehlungen für eine methodische Umsetzung des Screening .....	62
	Literatur und herangezogene Arbeitsquellen .....	64
	Anlagen zum Bericht .....	66

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Charakterisierung der Standortbedingungen in den Agrarregionen Sachsen-Anhalts	14
Tab. 2: Fruchtartenstruktur (Anteile in %) der Agrarregionen Sachsen-Anhalts im Jahr 2007	15
Tab. 3: Renkonen-Vergleich der Anbaustruktur der Agrarregionen in Sachsen-Anhalt (hervorgehobene Werte belegen einen statistisch gesicherten Unterschied der Anbaustrukturen)	16
Tab. 4: Zuordnung der Erhebungsbetriebe	18/19
Tab. 5: Mit den betrieblichen Daten erfasste Fruchtarten (Jahre 2007 – 2009)	21
Tab. 6: Umfang der für die Fruchtarten erfassten Flächen	23/24
Tab. 7: Abhängigkeit der Wirkstoffmobilität vom $K_{OC}$ – Wert	29
Tab. 8: Aufwendungen für den Pflanzenschutz* in den erfassten Fruchtarten bzw. Arten der Flächennutzung differenziert nach Agrarregionen bzw. Obstanbaugebieten in Sachsen-Anhalt im Durchschnitt der Jahre 2007 – 2009	33/34
Tab. 9: Übersicht der in den Agrarregionen eingesetzten PSM – Wirkgruppen in kg bzw. l / ha und Jahr	34
Tab.10: Bewertung der in Tab. 8 dargestellten PSM – Aufwendungen (Renkonenzahl) und statistische Differenzierung der Werte nach der Diversitätsdifferenz (hervorgehobene Werte zeigen statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den verglichenen Regionen)	35
Tab. 11: Applikationsmengen der PSM – Wirkgruppen (kg bzw. l / ha) in Bezug zur Betriebsform und den Erhebungsjahren	38
Tab. 12: Rangbildung für die Jahre 2007 bis 2009 auf Grundlage der eingesetzten Wirkstoffmenge für Ackerbaukulturen (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)	41
Tab. 13: Rangbildung für die Jahre 2007 bis 2009 auf Grundlage der eingesetzten Wirkstoffmenge für Dauerkulturen (Obst- und Weinbau)	42
Tab. 14. Matrix des Rangkorrelationskoeffizienten im Vergleich der Jahre bzw. in der Zusammenfassung aller Erhebungsjahre für Ackerbaukulturen	43
Tab. 15. Matrix des Rangkorrelationskoeffizienten im Vergleich der Jahre bzw. in der Zusammenfassung aller Erhebungsjahre für Dauerkulturen /Obst- und Weinbau	43
Tab. 16: Rangbildung für ausgewählte Regionen auf Grundlage der eingesetzten Wirkstoffmenge je ha und der Statistik der Anbaustrukturen im Land Sachsen-Anhalt (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser	45/46

auffällig, Braun– Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)	
Tab. 17: Rangbildung der Wirkstoffe auf Grundlage ausgewählter chemisch-physikalischer Eigenschaften (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)	47
Tab. 18: Rangbildung der Wirkstoffe auf Grundlage ihrer Ähnlichkeit in ausgewählten Wirkstoffeigenschaften zu Referenzwirkstoffen (Fenpropimorph, Bentazon, Isoproturon) (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)	48
Tab. 19: Rangbildung der Wirkstoffe auf Grundlage zusammenfassender Rangkriterien zur Rangbildung in Zusammenhang gezielter Fragestellungen zum Wasserschutz (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)	50
Tab. 20: Treffgenauigkeit der Rangkriterien in Bezug zu im Jahr 2010 auffällig gewordenen Wirkstoffen (nur aktuell in der Anwendung befindliche Wirkstoffe)	51
Tab. 21: Verteilung der Gaben ausgewählter Wirkstoffe im Verlauf der Vegetationszeit in Abhängigkeit von Wirkstoffgruppe, Region und Fruchtart	53
Tab. 22: Auflistung der im Monitoring erfassten aktuellen Wirkstoffe, deren Vorkommen in Präparaten, Rangstellung nach ausgewählten Ordnungskriterien und weiteren Hinweisen zur Bedeutungseinschätzung (für hervorgehobene Wirkstoffe ergaben sich 2009 Qualitätsnormüberschreitungen in Grund- bzw. Oberflächenwasser)	57/58

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Abhängigkeit der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft von fachlichen und äußeren Einflussfaktoren	10
Abb. 2 Veränderung der Ertragsleistungen landwirtschaftlicher Fruchtarten im Zeitraum 1985 bis 2008 in Sachsen-Anhalt (Quelle: Agrarberichte des Landes Sachsen-Anhalt)	12
Abb. 3: Logische Schritte in der Abarbeitung eines Rankings der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe	13
Abb. 4: Agrarregionen (Farbe), Grenzen der Grundwasserkörper (blaue Linien) und Standorte der Agrarbetriebe	17
Abb. 5: Anzahl im Ackerbau verwendeter Wirkstoffe in zufällig ausgewählten Betrieben und Summenkurve der insgesamt aufgenommenen Wirkstoffanzahl	25
Abb. 6: Anzahl in Dauerkulturen eingesetzter Wirkstoffe in ausgewählten Betrieben und Summenkurve der insgesamt aufgenommenen Wirkstoffanzahl	26
Abb. 7: Beziehung zwischen ausgebrachter Produktmenge und Wirkstoffmenge	26
Abb.8: Methodische Abfolge in der Durchführung des Wirkstoffrankings Schritt IV:	31
Abb. 9: Im Mittel der Jahre 2007 – 2009 bei landwirtschaftlicher Flächennutzung oder Dauerkulturen in den Agrarregionen in kg / l je ha ausgebrachter Produktmengen	36
Abb. 10: Im Mittel der Jahre 2007 – 2009 bei landwirtschaftlicher Flächennutzung oder Dauerkulturen in den Agrarregionen in kg / l je ha ausgebrachte Produktmengen und ihr Bezug zu Grundwasserkörpern	37
Abb. 11: Im Vegetationsverlauf insgesamt (Summe über alle Pflanzenschutzmaßnahmen) ausgebrachte Produktmengen in Marktfruchtbetrieben (MFB), Verbundbetrieben (VB) und im Obst- und Weinbau (OWB), Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwertes	39
Abb. 12: Im Vegetationsverlauf insgesamt (Summe über alle Pflanzenschutzmaßnahmen) ausgebrachte Produktmengen in den Untersuchungsjahren als Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwertes	39

## Zusammenfassung

Der Wasserzustand soll einen guten Zustand aufweisen oder wieder in einen guten Zustand gebracht werden. Dies ist der Kerngedanke der im Jahr 2000 in Kraft gesetzten Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (VO 2000/60/EG). In Sachsen-Anhalt ist der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) für die Kontrolle und die Dokumentation der chemischen Qualität des Grund- und Oberflächenwassers verantwortlich. Diese Aufgabe wird über ein Umweltmonitoring realisiert, wofür ein Wassermessnetz unterhalten wird. Aus Gründen der Kosteneffizienz eines Monitorings der chemischen Wasserqualität ist es sinnvoll, dem Monitoring ein Screening der Pflanzenschutzmittel bzw. potenziell risikobehafteter Wirkstoffe voranzustellen. In vielen Fällen erfolgt das Screening über eine Erfassung der am häufigsten verkauften Wirkstoffe, was Systemzusammenhänge in landwirtschaftlichen Betrieben und regional modifizierende Faktoren des Einsatzes von Pflanzenschutzmittel unberücksichtigt lässt. Dies war der Ansatzpunkt für ein aktuelles Ranking der Anwendung von Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts. Ausgangspunkt war eine Analyse der die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln beeinflussenden Faktoren und der im methodischen Ansatz zu berücksichtigenden Faktoren.

Daher beruht der methodische Ansatz des Rankings auf einem regional differenzierten Betriebsdatenpool der Anwendung von Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts über den Jahreszeitraum von 2007 bis 2009. Methodisch wurden fünf Schritte abgearbeitet.

- I) Darstellung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln in regionaler Abhängigkeit und unter Einfluss landwirtschaftlicher Betriebstypen, Fruchtarten und Jahre,
- II) Entscheidung über die Bedeutung der genannten Einflüsse für die Ableitung von Wirkstoffrangfolgen (unter Einschluss statistische Verfahren),
- III) Festlegung von Kriterien der Rangbildung. Definiert wurden standort- und betriebsbezogene Kriterien (z.B. Anwendungshäufigkeit und Menge verwendeter Wirkstoffe), wirkstoffbezogene Kriterien (z.B. Halbwertszeit des Wirkstoffabbaus im Boden), Kriterien der Ähnlichkeit zu bereits auffälligen Wirkstoffen und eine Kombination der genannten Kriterien zugeschnitten auf ausgewählte Ziele der Rangbildung,
- IV) Beurteilung der Treffgenauigkeit der verwendeten Rangbildungskriterien,
- V) und letztlich die Ableitung von Empfehlungen für ein effizientes Wirkstoffmonitoring.

Die Ergebnisse zeigten, dass sich regionale Aspekte und die Fruchtarten differenzierend auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auswirkten. Abhängigkeiten des PSM – Einsatzes zwischen den Erhebungsjahren und Betriebstypen (mit Ausnahme des Obst- und Weinbaus) bestanden nicht. Diese Einflüsse wurden im Wirkstoffranking daher nicht berücksichtigt.

Auf Wirkstoffebene wurden (je nach Rangkriterium) ca. 207 Wirkstoffe erfasst, was biologische Präparate, Öl, Paraffine, Beizmittel und Produkte zur Wildvergrämung einschließt. Die wichtigsten auf Grundlage des Wirkstoffeinsatzes und regionaler Daten zur Anbaustruktur ermittelten Wirkstoffe sind nachfolgend dargestellt (ersten 35 Rangplätze).

**Rangbildung für ausgewählte Regionen auf Grundlage der eingesetzten Wirkstoffmenge je ha und der Statistik der Anbaustrukturen im Land Sachsen-Anhalt (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun– Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)**

Harz	Wische	Heide	Börde _ Süd	Altmark
Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Isoproturon
Isoproturon	Isoproturon	Isoproturon	Isoproturon	Chlormequat-chlorid
Glyphosat	Glyphosat	Glyphosat	Glyphosat	Glyphosat
Mecoprop-P	Metazachlor	Metazachlor	Mecoprop-P	Metazachlor
Tebuconazol	Mecoprop-P	Tebuconazol	Tebuconazol	Tebuconazol
Spiroxamine	Tebuconazol	Mecoprop-P	Metazachlor	Mecoprop-P
Metazachlor	Spiroxamine	Terbuthylazin	Spiroxamine	Terbuthylazin
Chlorthalonil	Terbuthylazin	Spiroxamine	Chlorthalonil	Spiroxamine
Prochloraz	Fenpropimorph	Pendimethalin	Prochloraz	Pendimethalin
Fenpropimorph	Chlorthalonil	Chlorthalonil	Fenpropimorph	Nicosulfuron
Prothioconazol	Paraffinöl	Fenpropimorph	Paraffinöl	Chlorthalonil
Paraffinöl	Prochloraz	Dimethachlor	Prothioconazol	Dimethachlor
Boscalid	Prothioconazol	Boscalid	Boscalid	Fenpropimorph
Fenpropidin	Boscalid	Prochloraz	Fenpropidin	Boscalid
Trinexapac	Pendimethalin	Paraffinöl	MCPA	Paraffinöl
Pendimethalin	Trinexapac	Nicosulfuron	Trinexapac	Prochloraz
MCPA	Dimethachlor	Prothioconazol	Pendimethalin	S-Metolachlor
Diflufenican	Fenpropidin	Ethephon	Diflufenican	Ethephon
Epoxiconazol	MCPA	Diflufenican	Metamitron	Diflufenican
Propiconazol	Nicosulfuron	Trinexapac	Epoxiconazol	Prothioconazol
Metamitron	Diflufenican	S-Metolachlor	Propiconazol	Trinexapac
Amidosulfuron	Epoxiconazol	Fenpropidin	Amidosulfuron	Metamitron
Flurtamone	Flurtamone	Trifluralin	Dimethachlor	Fenpropidin
Azoxystrobin	Ethephon	Flurtamone	Terbuthylazin	Flurtamone
Dimethachlor	Amidosulfuron	MCPA	Flurtamone	Trifluralin
Tribenuron	S-Metolachlor	Epoxiconazol	Azoxystrobin	MCPA
Ethephon	Propiconazol	Azoxystrobin	Tribenuron	Epoxiconazol
Dichlorprop - P	Azoxystrobin	Propiconazol	Dichlorprop - P	Azoxystrobin
Dimethoat	Trifluralin	Quinmerac	Ethephon	Propiconazol
Terbuthylazin	Dimethoat	Metamitron	Dimethoat	Bromoxynil
Trifluralin	Quinmerac	Amidosulfuron	Trifluralin	Quinmerac
Trifloxystrobin	Bromoxynil	Bromoxynil	Trifloxystrobin	Amidosulfuron
Triadimenol	Bentazon	Clomazone	Quinmerac	Prosulfocarb
Pyraclostrobin	Trifloxystrobin	Napropamid	Triadimenol	Clomazone
Kresoxim-methyl	Pyraclostrobin	Tribenuron	Pyraclostrobin	Topramezone

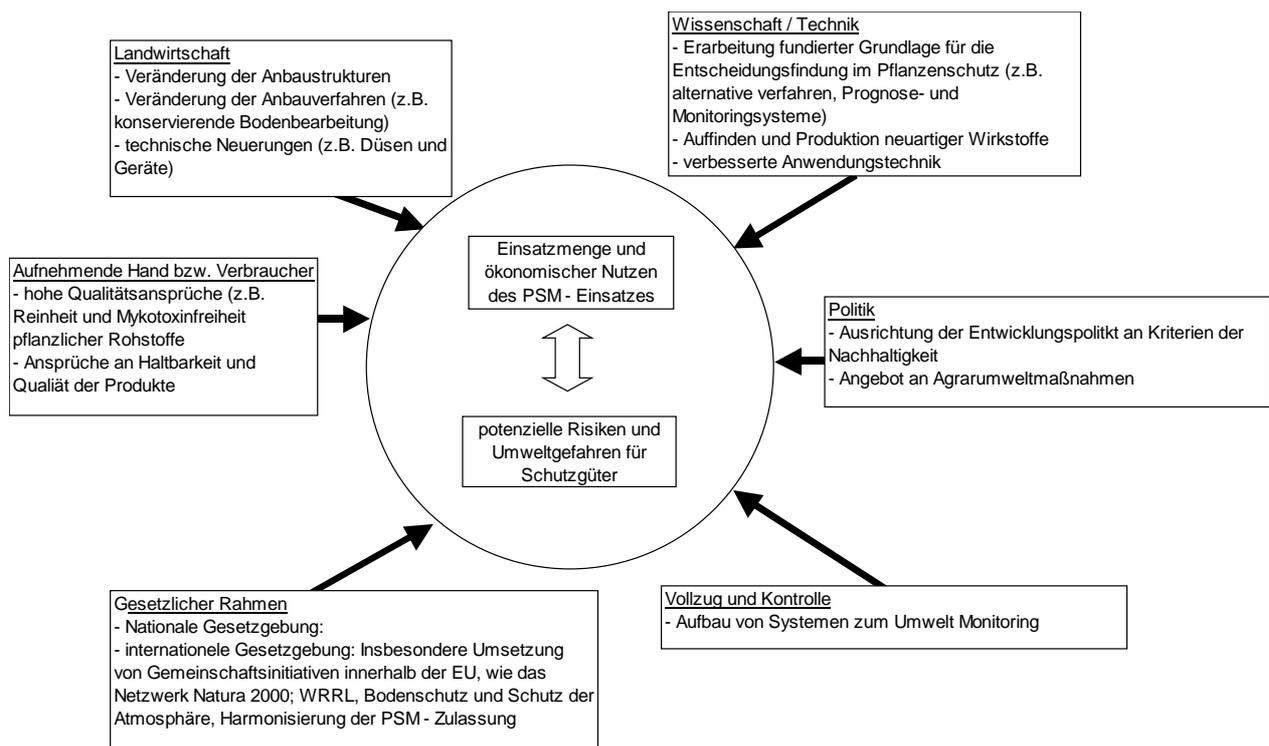
Auch andere Rangkriterien erbrachten eine hohe Treffgenauigkeit in der Erfassung auffälliger Wirkstoffe und Möglichkeiten der Verwendung kombinierter Rangkriterien wurden zur Beantwortung spezieller Ziele der Rangbildung (Einhaltung von Qualitätsnormen, Umsetzung des Vorsorgeprinzips für Umweltschutzgüter) getestet.

Aus den gewonnenen Ergebnissen und Erfahrungen werden Schlussfolgerungen für ein praktikables und effizientes weiteres Screening verwendeter Pflanzenschutzmittelwirkstoffe gezogen, die den notwendigen Stichprobenumfang, die regionale Differenzierung der Daten, den Erhebungsrhythmus und die Betriebsauswahl beschreiben.

# 1. Anliegen des Berichtes

Die Landwirtschaft veränderte sich in den letzten Jahrzehnten erheblich. Kennzeichen sind ansteigende Produktionsleistungen aber auch sinkende Beschäftigungszahlen in der Landwirtschaft. Beides führt zu einer immer stärkeren Hinwendung zu einer effektiven und intensiveren Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen. Arbeitserleichternde und die Produktion sichernde Faktoren sind für die Existenzsicherung vieler Betriebe von großer Bedeutung. Hinzu kommen Erfordernisse aus Anforderungen der Verbraucher und der Marktordnung an die Qualität pflanzlicher Erzeugnisse, die seitens der Landwirtschaft nicht ignoriert werden können.

Ein weiteres Feld merklicher Veränderungen der landwirtschaftlichen Produktion liegt in strukturellen Anpassungen der Betriebe an Markterfordernisse und politische Steuermechanismen. Ohne in diesen Bereichen weiter ins Detail zu gehen, sollen der forcierte Anbau von Energiepflanzen, der deutlich Rückgang der Tierhaltung und die Beteiligung landwirtschaftlicher Betriebe an Agrarumweltprogrammen genannt werden.



**Abb. 1: Abhängigkeit der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft von fachlichen und äußeren Einflussfaktoren**

Ein weiterer wichtiger Aspekt liegt in den gestiegenen Ertragserwartungen. So sind in Sachsen-Anhalt die Erträge landwirtschaftlicher Fruchtarten in den letzten Jahre kontinuierlich gestiegen (Abb. 2).

Im dargestellten Kontext ist auch der Pflanzenschutz immer betroffen. Einerseits rückt er in der Bestandesführung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen immer mehr in den Vordergrund und trotz erheblicher Forschungsaufwendungen zur Umsetzung nicht chemischer

Pflanzenschutzverfahren hat innerhalb integrierter Schutzstrategien die Verwendung chemisch - synthetischer Wirkstoffe weiterhin eine herausgehobene Bedeutung. Nach aktuellem Stand (Mai 2010) sind 1187 Pflanzenschutzmittel für die Anwendung in der Landwirtschaft zugelassen und diese umfassen unter Einschluss von Vergrämungsmitteln, biotechnischen Wirkstoffen (z.B. Pheromone), Pflanzenstärkungsmitteln und botanischen Pflanzenschutzmitteln ca. 255 Wirkstoffe.

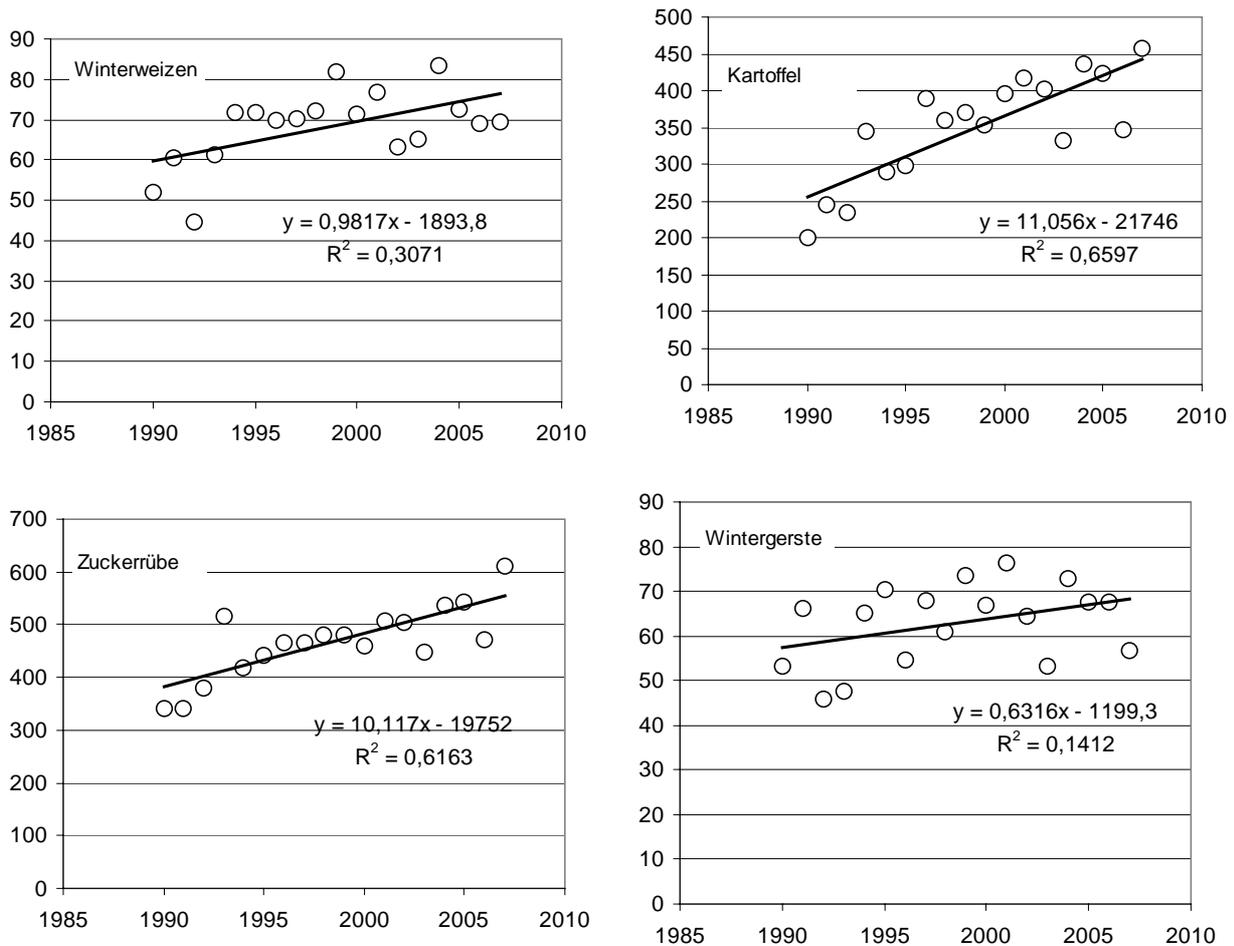
Auf der anderen Seite stehen jedoch auch gegenläufige Tendenzen, die sich z.B. aus der Flächenzunahme ökologischer Anbauverfahren oder der Beibehaltung extensiver Bewirtschaftungsverfahren auf dem Grünland ergeben.

Neben den benannten und aus der Entwicklung der Landwirtschaft abgeleitete Wirkungsfaktoren, nehmen weitere Effekte Einfluss auf die praktische Anwendung und potenzielle Belastungen, die sich aus der Anwendung chemischer Produkte ergeben könnten. Diese sind in der Abb. 1 schematisch erfasst. Zu nennen sind,

Wissenschaftlich technische Entwicklungen. Sie wirken sich insbesondere auf die Umsetzung neuer oder besser angepasster Pflanzenschutzverfahren aus. Auf der wissenschaftlichen Seite geht es dabei vor allem um die Etablierung notwendiger Voraussetzungen für gesicherte Entscheidungsfindungen im Pflanzenschutz. Prognosemodelle und ein effektiver Warndienst bilden dafür die Grundlage. Aus dem technischen Bereich ist die Elektronenbeize als neues wirkstoffreies Verfahren anzufügen. Hinzu kommen rasante Entwicklungen in der Präzisionslandwirtschaft. Durch Sattelitenführung der Pflanzenschutzgeräte werden z.B. Überlappungen von Spritzbereichen auf den Feldern vermieden und letztlich ergeben sich erhebliche Entlastungen aus der Anwendung neuartiger Spritzgeräte und Düsentechniken.

Auf der rechtlichen Seite haben sich die Vorschriften für den Vertrieb und die Anwendung von Pflanzenschutzmittel ständig weiterentwickelt. Mit 1991 wurde auf Grundlage der Richtlinie 91/414/EWG über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln die Grundlage für ein EU – einheitliches Vorgehen geschaffen. Nach dieser Vorlage erfolgt in einem gemeinschaftlichen Verfahren auf europäischer Ebene eine schrittweise Prüfung von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen, die sogenannte Harmonisierung. Daneben sieht die EU den Schutz des Wassers als eine zentrale Aufgabe des Umweltschutzes an. Die im Jahr 2000 in Kraft getretene Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, VO 2000/60/EG) untermauert diese Zielsetzung.

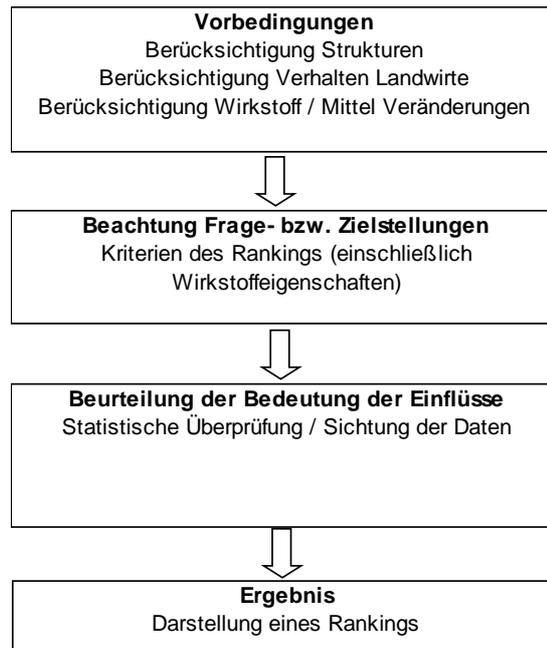
In Sachsen-Anhalt ist der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft (LHW) für die Kontrolle und die Dokumentation der chemische Qualität des Grund- und Oberflächenwassers verantwortlich. Diese Aufgabe wird über ein Umweltmonitoring realisiert wofür ein Wassermessnetz unterhalten wird.



**Abb. 2 Veränderung der Ertragsleistungen landwirtschaftlicher Fruchtarten im Zeitraum 1985 bis 2008 in Sachsen-Anhalt (Quelle: Agrarberichte des Landes Sachsen-Anhalt)**

Aus Gründen der Kosteneffizienz eines Monitorings der chemischen Wasserqualität ist es sinnvoll, dem Monitoring ein Screening der Pflanzenschutzmittel bzw. potenziell risikobehafteter Wirkstoffe voranzustellen. In vielen Fällen erfolgt das Screening über eine Erfassung der am häufigsten angewendeten (verkauften) Wirkstoffe. Aus den vorstehend beschriebenen Systemzusammenhängen und Abhängigkeiten ist jedoch ersichtlich, dass weitere Faktoren die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln regional modifizieren. Um diesen Sachverhalt zu berücksichtigen werden in der Abfolge des Berichts die in der Abb. 3 dargestellten 4 Hauptschritte angesprochen.

Mit dieser inhaltlichen Abfolge könnte das Monitoringprogramm bzw. die Wasseranalysen gezielter erfolgen. Dies ist Anliegen des Berichtes. Gezielt meint in diesem Zusammenhang auch den Zuschnitt eines Monitorings auf differente Aufgabenstellungen (Grund- und Oberflächenwasser, Qualitätskontrolle, Gefahrenabwehr) und die Erarbeitung von Wissensgrundlagen zur weiteren methodischen Ausrichtung des Monitoringsystemes. bzw. eines vorangestellten Screenings.



**Abb. 3: Logische Schritte in der Abarbeitung eines Rankings der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe**

Letztlich gilt es durch den angeführten Maßnahmekomplex abzusichern, dass die Anwendung von PSM in der Landwirtschaft und Zielsetzungen zur Erreichung hoher Umweltqualitäten nicht im Gegensatz stehen. Sie sind die Seiten einer Medaille in der gesellschaftlichen Umsetzung von Nachhaltigkeitsprinzipien, d.h. sowohl der Erfüllung ökonomisch-sozialer als auch ökologischer Zielsetzungen.

## **2. Datengrundlagen und methodisches Vorgehen**

### **2.1 Datengrundlagen und Datenerfassung**

Die Datengrundlagen sollten die in der Abb. 2 dargestellten Einflüsse möglichst einschließen. Daher beruht der methodische Ansatz des Rankings auf einem regional differenzierten Betriebsdatenpool der Anwendung von Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts über den Jahreszeitraum von 2007 bis 2009. Die inhaltliche Bedeutung der Einzelelemente der verwendeten Datenbasis ist nachfolgend beschrieben.

#### **2.1.1 Auswahl der Agrarregionen**

Eine Differenzierung der Datenaufnahme nach Standortbedingungen hat in mehrfacher Hinsicht potenzielle Bedeutung für die Ableitung eines regionalen Rankings der PSM – Wirkstoffe. Von Bedeutung sind zunächst die direkten Standortbedingungen, d.h. die

Bodenformen und prägende klimatische Eigenheiten der Regionen. Genauere Unterlegungen finden sich in der Tab. 1.

**Tab. 1: Charakterisierung der Standortbedingungen in den Agrarregionen Sachsen-Anhalts**

Agrarregion	Bodeneigenschaften	Besonderheiten
<b>Elbwische:</b> grünlandreiche Auenstandorte an der unteren Elbe und im Rhin-Havel-Luch	Schwere Ton- und Lehm-Ton-Böden. Rissbildung bei Austrocknung und dadurch potenziell präferentieller Fluss bei Folgeniederschlägen	Für den Hackfruchtanbau ungünstig, dominierend Getreideanbau und Rinderhaltung
<b>Heidegebiete:</b> Geringe Bodenfruchtbarkeit orientiert die Landwirtschaft auf Veredlungsbetriebe	Leichte Böden (Sand bzw. anlehmiger Sand). Geringe Wasserhaltefähigkeit der Böden und geringe Adsorptionskraft.	Höherer Anteil extensiv genutzter Flächen im Gebiet
<b>Ackerbaugebiete der Altmark und des Vorflämings:</b> mittlere Fruchtbarkeit der Böden	Örtlich stärker differenzierte Böden. Überwiegend lehmige Sande.	Unterschiedlichste Betriebsformen. Vorherrschend sind Marktfruchtverbundbetriebe, höherer Anteil an „Energie- und Silomais
<b>Schwarzerdegebiet und Übergangslagen:</b> Das größte Ackerbaugebiet Sachsen-Anhalts.	Böden mit hoher Fruchtbarkeit in nahezu ausschließlich landwirtschaftlicher Nutzung.	Es dominiert der Anbau von Getreide, Hack- und Ölfrüchten in reinen Marktfruchtbetrieben. Weniger intensiv zu führende Fruchtarten sind wenig anzufinden.
<b>Harz</b>	Ackerbauliche Nutzung der Böden wird durch technologische Ungunst in höheren Lagen durch Grünland ersetzt.	Dominierend ist der Anbau weniger intensiv zu führende Fruchtarten. Höherer Grünlandanteil im Gebiet.
<b>Elbaue einschließlich Muldeae.</b>	Teilweise schwere Aueböden die Grundwasserbeeinflusst sind.	Es dominiert Grünland. Außerhalb der Auen überwiegt Getreide-, Hackfrucht- und Ölf Fruchtanbau

Für die Auswahl und Differenzierte Betrachtung der Agrarregionen gibt es folgende Begründung:

- 1) Die Aufwandmengen einiger Pflanzenschutzmittel (Herbizide insbesondere mit dem Wirkstoff Isoproturon) stehen in Abhängigkeit zur Bodenart d.h. auf schwereren Böden sind höhere Aufwandmengen zulässig.
- 2) Die Anbaustruktur und Intensität der Flächennutzung unterscheidet sich erheblich, was mit den Ertragserwartungen und der Fruchtbarkeit der Böden zusammenhängt. Gebiete geringerer Ertragserwartungen zeigen oft eine weniger intensive Bestandesführung landwirtschaftlicher Kulturen.

Die aufgeführten Besonderheiten in den Standortbedingungen können die Anwendung von Pflanzenschutzmittel in den Landwirtschaftsbetrieben beeinflussen. So kann z.B. die Zulassungsmenge von Pflanzenschutzmittel (Herbizide) von der Bodenart abhängen und die Notwendigkeit des Einsatzes von PSM kann über ein klimatisch differenziertes Auftreten von Schaderregern regional beeinflusst werden. Diese Effekte könnten über Daten der Betriebsebene erfasst werden.

**Tab. 2: Fruchtartenstruktur (Anteile in %) der Agrarregionen Sachsen-Anhalts im Jahr 2007**

Fruchtart / Nutzung	Harz	Elbwische	Heide	Börde / Übergangs- lagen	Altmark/Vor- fläming	Elb-, Mulde-, Saaleaue
GL	24,1	38,5	21,8	4,9	23,4	20,0
Winterweizen	34,3	17,2	11,7	41,0	10,9	15,0
So.-Weizen	0,0	0,5	0,1	0,5	0,1	0,3
Roggen	0,0	3,4	12,6	0,5	10,7	11,0
Wi-Gerste	10,5	7,5	7,7	10,7	8,4	8,8
So.-Gerste	1,5	0,5	0,5	1,8	0,7	0,5
Hafer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Triticale	3,2	2,4	3,8	0,8	4,1	3,7
Mais	0,0	0,3	0,7	2,8	1,1	0,9
Silomais	2,7	6,8	7,8	2,9	10,3	6,0
Anderes Getreide	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,1
Leguminosen	1,1	2,0	2,6	2,3	1,2	2,3
Raps / Rüpsen	8,7	7,4	9,4	11,4	9,5	10,0
Sonnenblume	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,4
Soja	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Öllein	0,2	0,2	0,5	0,0	0,2	0,5
Ackerfutter	1,6	3,0	3,0	1,4	2,8	3,0
Stilllegung / Brache	7,5	5,8	8,6	8,6	7,6	8,1
Kartoffel	0,0	0,3	0,8	1,4	1,4	0,8
Zuckerrübe	3,5	0,5	1,2	5,4	1,9	1,5
Freilandgemüse	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,5
Kräuter / Heilpflanzen	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Obst	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wein	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1

Im Gesamtvergleich des Anbaus landwirtschaftlicher Fruchtarten in den Regionen ergibt sich das in Tab. 3 verdeutlichte Bild. Erhebliche Unterschiede (d.h. sie sind statistisch abzusichern) ergeben sich im Vergleich der Börde und Übergangslagen zu allen weiteren

Agrarregionen. Dahingegen sind die Anbaustrukturen der Heiden, der Altmark / Vorfläming und den Auen relativ ähnlich (ca. 90 bis 93 % Übereinstimmung).

Auf regionaler Betrachtungsebene ergeben sich weitere Einflussnahmen auf den PSM Einsatz, denn die aufgeführten Standortunterschiede wirken sich ebenfalls über die Anbaustruktur der landwirtschaftlichen Fruchtarten auf die Art und Menge der in den Regionen verwendeten Pflanzenschutzmittel aus. In der Tab. 2 sind Daten der Anbaustruktur landwirtschaftlicher Fruchtarten des Jahres 2007 auf Grundlage der Gemeinden enthalten. Sie haben eine sehr hohe regionale Auflösung. Die deutlichstem Unterschiede ergeben sich im Grünlandanteil der Regionen und im Anbauumfang des Winterweizens. Unterschiede bei anderen Fruchtarten sind weniger deutlich, auch weil ihr Anbau insgesamt einen geringeren Anteil hat. Diese Daten veränderten sich in den Jahren 2008 und 2009 lediglich geringfügig, so schwankte der Raps- und Getreideanbau um lediglich ca. 3 %.

**Tab. 3: Renkonen-Vergleich\* der Anbaustruktur der Agrarregionen in Sachsen-Anhalt (hervorgehobene Werte belegen einen statistisch gesicherten Unterschied der Anbaustrukturen)**

Agrarregionen	Elbwische	Heide	Börde / Übergangslagen	Altmark/Vorfläming	Elbe-, Mulde-, Saaleaue
Harz	72,7	71,2	78,1	72,5	74,1
Elbwische		77,7	<b>54,7</b>	77,3	78,8
Heide			<b>56,7</b>	93,0	93,2
Börde / Übergangslagen				<b>56,4</b>	<b>63,2</b>
Altmark/Vorfläming					90,3

\* der Renkonenwert beschreibt die prozentuale Übereinstimmung der Agrarregionen

Abbildung 4 enthält die Standorte der am Projekt beteiligten Betriebe in Relation zu den Agrarregionen und den Bodengüten in Sachsen-Anhalt.

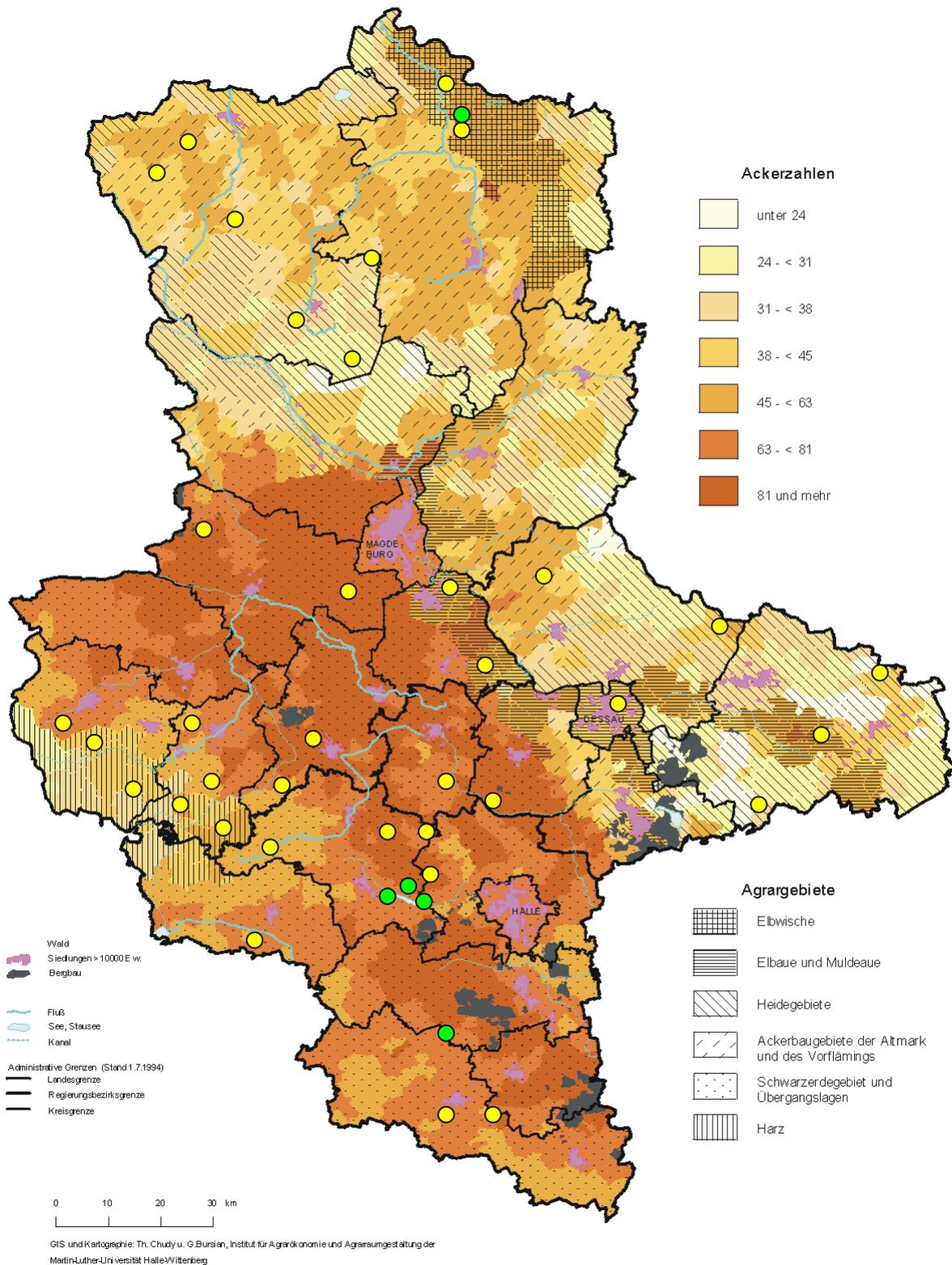


Abb. 4: Agrarregionen (Farbe), Grenzen der Grundwasserkörper (blaue Linien) und Standorte der Agrarbetriebe

## 2.1. 2 Auswahl der Jahre

Es ist bekannt, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmittel zwischen den Jahren unterschiedlich sein kann, weil das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen stark von der Jahreswitterung geprägt ist. In der Regel führt ein derartiger Einfluss zum Einsatz höherer oder geringerer PSM – Mengen bei annähernd gleichartigem Wirkstoffverhältnis.

Auf der anderen Seite stehen die Betriebe nicht außerhalb ökonomischer Marktregeln, was heißt, dass das im Jahr jeweils preislich günstige Produkte einen höheren Anwendungsumfang einnehmen könnten. Aus den genannten Sachverhalten ist für die methodische Aufwertung des Screening nachfolgende Frage von Bedeutung, ob die Anwendung von PSM – Wirkstoffen in Menge und Art des Wirkstoffes in den Jahren deutlich verschieden ist oder nicht?

## 2.1.3 Auswahl der Betriebe

Die Betriebsauswahl erfolgte primär nach ihrer Regionszuordnung in Sachsen-Anhalt. Weiterhin wurden möglichst unterschiedliche Betriebstypen in die Datengewinnung einbezogen, weil die Produktionsausrichtung der Betriebe die Notwendigkeit der Anwendung von Pflanzenschutzmittel beeinflussen kann. In der Tab. 4 sind die Betriebe anonym aufgeführt.

**Tab. 4: Zuordnung der Erhebungsbetriebe**

Betrieb-Nr.	Regionszuordnung	Betriebstyp	Flächenausstattung, soweit bekannt
1	Elbaue und Muldeaue	Marktfrucht	750
2	Schwarzerden und Übergangslagen	Weinbau	
3	Heidegebiete	Verbundbetrieb	
4	Obstbau		Nur ausgewählte Fruchtarten
5	Obstbau		Nur ausgewählte Fruchtarten
6	Schwarzerden und Übergangslagen	Verbundbetrieb	774,9062
7	Harz / Vorharz	Verbundbetrieb	
8	Heidegebiete	Verbundbetrieb	2245,1
9	Schwarzerden und Übergangslagen	Marktfrucht	527,2
10	Altmark und Vorfläming	Verbundbetrieb	1108,78
11	Elbaue und Muldeaue	Verbundbetrieb	1631,0669
12	Harz / Vorharz	Verbundbetrieb	2869,0513
13	Harz / Vorharz	Verbundbetrieb	3700,7531
14	Schwarzerden und Übergangslagen	Obstbau	Nur ausgewählte Fruchtarten
15	Heidegebiete	Verbundbetrieb	544,4545
16	Schwarzerden und Übergangslagen		
17	Altmark und Vorfläming	Verbundbetrieb	
18	Schwarzerden und Übergangslagen	Marktfrucht	17441,27171
19	Altmark und Vorfläming	Verbundbetrieb	

Weiter Tab. 4

Betrieb-Nr.	Regionszuordnung	Betriebstyp	Flächenausstattung, soweit bekannt
20	Schwarzerden und Übergangslagen	Verbundbetrieb	1559,2129
21	Heidegebiete	Verbundbetrieb	1536,2
22	Harz / Vorharz	Verbundbetrieb	885,5417063
23	Elbaue und Muldeaue	Verbundbetrieb	2099,73
24	Altmark und Vorfläming	Verbundbetrieb	14717
25	Altmark und Vorfläming	Verbundbetrieb	1340
26	Schwarzerden und Übergangslagen	Marktfrucht	2016,4977
28	Elbaue und Muldeaue	Verbundbetrieb	
29	Schwarzerden und Übergangslagen	Verbundbetrieb	4199,2
30	Harz / Vorharz	Verbundbetrieb	
31	Schwarzerden und Übergangslagen	Marktfrucht	485,4642
32	Schwarzerden und Übergangslagen	Marktfrucht	2125,3129
33	Schwarzerden und Übergangslagen	Marktfrucht	
34	Schwarzerden und Übergangslagen	Weinbau	
35	Schwarzerden und Übergangslagen	Verbundbetrieb	2455,29
36	Schwarzerden und Übergangslagen	Marktfrucht	117,42
37	Wische	Verbundbetrieb	327
38	Wische	Verbundbetrieb	1188,1323
39	Harz / Vorharz	Verbundbetrieb	1384,5865
40	Harz / Vorharz	Marktfrucht	1744,1344
41	Elbaue und Muldeaue	Marktfrucht	

#### 2.1. 4 Auswahl zu erfassender Daten

Die Pflanzenschutzmaßnahmen landwirtschaftlicher Betriebe wurden Schlag- und fruchtartenspezifisch oder in der Gesamtheit der Maßnahmen für die Fruchtart erfasst. Die Maßnahmen wurden dann auf Plausibilität überprüft und als Datenbank archiviert. Bei der Erstellung der Datenbank wurden zunächst folgende Kriterien berücksichtigt:

1. Betrieb<sup>1</sup>
2. Schlag bzw. Teilschlag (wenn schlagspezifische Angaben erfolgten) <sup>1</sup>
3. Schlaggröße (bzw. Anbauumfang der Fruchtarten, wenn die Daten zusammengefasst zur Verfügung gestellt wurden)

<sup>1</sup> Aus Gründen des Datenschutzes sind die Angaben anonymisiert bzw. nach Erstellung der Datei gelöscht worden

4. Fruchtart (alle Fruchtarten eines Betriebes, teilweise auch Fruchtarten ohne PSM – Anwendung, z.B. Grünland, Stilllegungsflächen etc.)
5. PSM – Gruppe (gegliedert nach Herbizid, Fungizid, Insektizid, Wachstumsregulator, biologische Mittel, sonstige Mittel und FHS). Sonstige Mittel beinhalten z.B. Schneckenkorn, Wildverbissmittel u.ä.)
6. Produkt (alle im Betrieb registrierten Pflanzenschutzmittel, d.h. auch Produkte nicht chemischer Art [biologische Präparate] und Beizmittel)
7. Produktmenge (Ausbringungsmenge der PSM, überwiegend auch schlagspezifisch)
8. Behandelte Fläche (entspricht bei Teilflächenapplikationen nicht der Schlaggröße)
9. Applikationstermin (Datum der Ausbringung, wenn betrieblich vorhanden)
10. Regionszuordnung des Betriebes (Agrarregionen des Landes Sachsen-Anhalt)
11. Betriebsform (Marktfrucht- oder Verbundbetrieb bzw. Obst/Gemüsebau mit Wein)

Zu 2) Daten wurden schlag- und teilschlagspezifisch erfasst, weil sich die Betriebe in strategischen Ansätzen der Durchführung des Pflanzenschutzes oft deutlich unterscheiden. Oft wird sehr schlagspezifisch agiert und die PSM – Maßnahmen unterschieden sich von Schlag zu Schlag auch bei einheitlichen Fruchtarten (meist nicht so sehr im verwendeten Produkt, aber in der Anzahl der Überfahrten (Applikationen) und den applizierten PSM – Mengen.

ZU 3) Die erfasste Schlaggröße ist wichtige Grundlage zur Berechnung der Gesamtausbringungsmenge des Produktes bzw. Wirkstoffes.

Zu 4) Fruchtarten wurden erfasst, um die spezifischen Spritzfolgen in den Kulturartenbeständen zu erfassen. Folgende Fruchtarten traten in den Betrieben auf (Tab. 5).

Dauer- Sonderkulturen wurden mit erfasst weil für diese Kulturen spezielle Wirkstoffe zur Anwendung kommen. Sonstige potenzielle PSM Anwendungen betreffen insbesondere die in Kulturnahme von Flächen nach Stilllegung und evtl. Behandlungen von Hofstellen bzw. Feldrandbereichen etc.. Zu beachten ist, dass auch Flächen ohne PSM – Einsatz erfasst wurden, wenn sie in den Betriebsdaten enthalten waren.

**Tab. 5: Mit den betrieblichen Daten erfasste Fruchtarten (Jahre 2007 – 2009)**

Ackerbaukulturen	Grünland	Dauerkultu- ren	Sonderkulturen	Sonstiges
Ackerbohnen	Begrünung mit Gras	Apfel	Blattpetersilie	Dauerstilllegung
Ackergras	Gras	Aprikose	Bohnenkraut	Stilllegung
Dinkel	Grünland	Birne	Gurke	Sonderbehandlungen
Durum	Selbstbegrünung	Erdbeeren	Kohl	Hutungen
Erbsen	Weide, extensiv	Pfirsich	Majoran	
Futterleguminosen	Weide, intensiv	Pflaume	Möhren	
Futterrüben	Wiese, extensiv	Sauerkirsche	Spargel	
Gelbe Lupinen	Wiese, intensiv	Süßkirsche	Thymian	
Getreide Ganzpflanze		Wein	Tomate	
Hafer		Hopfen	Zwiebeln	
Kartoffel				
Kleegras				
Lein				
Luzerne				
Luzernegras				
Mais				
Nichtleguminosen				
Senf				
Sommergerste				
Sommerhartweizen				
Sommerweizen				
Sonnenblumen				
Triticale				
Weißer Lupinen				
Wintergerste				
Wintergetreide				
Winterraps				
Winterroggen				
Winterweizen				
Zuckerhirse				
Zuckerrübe				
Zwischenfrucht				

Zu 5) Die einzelnen PSM – Gruppen werden in der landwirtschaftlichen Praxis in unterschiedlicher Häufigkeit und mit unterschiedlicher Konstanz eingesetzt. Andere Analysen zum Einsatz von PSM zeigten, dass der Anwendungsumfang von Herbiziden von Jahr zu Jahr relativ konstant ist, während der Einsatz von Fungiziden und Insektiziden je nach Witterungsbedingungen der Jahre stärker variieren kann. Neben den hauptsächlichen Wirkungsbereichen fanden sich ebenfalls biologische Präparate (Bakterien oder Viren als Wirkstoffe), Formulierungshilfsstoffe (FHS) als Netzmittel etc. oder sonstige Präparate .

Zu 6; 7 und 8) Aus den Daten wurden die fruchtartenspezifischen Produkte und Einsatzmengen (als Mittelwert der Fruchtart) errechnet. Über das eingesetzte Pflanzenschutzmittel und seine Ausbringungsmenge kann zudem auf den eingesetzten

Wirkstoff und die ausgebrachte Wirkstoffmenge geschlossen werden. Bei Wirkstoffkombinationen in den Produkten wurde jeder Wirkstoff einzeln erfasst., d.h. der Schlag / Fruchtart / Schlaggröße und die behandelte Fläche ist mehrfach erfasst.

Zu 9) Das Datum der Ausbringung des Mittels wurde jeweils mit erfasst, sofern die Angaben in den Betrieben vorlagen. Damit wird eine zeitliche Analyse der Mittel- bzw. Wirkstoffapplikationen ermöglicht.

Zu 10) Die Lage der analysierten Betriebe ist aus der Abb. 1 zu entnehmen. Aus der Abbildung ergibt sich zugleich die Zuordnung der Betriebe zu den Agrarregionen und den Grundwasserkörpern in Sachsen-Anhalt.

## **2.2 Regionale Daten der Anbaustruktur**

Die Anbaustruktur landwirtschaftlicher Fruchtarten in der Region kann das Aufkommen an Pflanzenschutzmittel in einer Region erheblich beeinflussen, weil Fruchtarten mit unterschiedlicher Pflanzenschutzintensität angebaut werden. Durch die Indikationsbestimmungen des Pflanzenschutzgesetzes dürfen zudem nur PSM angewendet werden, die für die jeweilige Fruchtart und die dort spezifisch auftretenden Schaderreger (Unkräuter, Pilzkrankheiten, Schädlinge, Wachstumsregulation) zugelassen sind. Daraus ergibt sich die Konsequenz, dass eingesetzte Wirkstoffe ebenfalls von den Fruchtarten abhängig sind und Anwendungen von Pflanzenschutzmittel vom regionalen Anbauumfang der Fruchtarten abhängen.

## **2.3 weitere Datengrundlagen**

Neben den bisher angeführten Datengrundlagen wurde in der Bearbeitung des vorliegenden Berichtes auf nachfolgende weitere Daten zurückgegriffen:

- 1) PSM – Stammdaten der REPRO – Software (Programm zur Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Betriebe – Umweltmanagementsystem). Die Daten wurden zur Zuordnung der Wirkstoffe zu den verwendeten Pflanzenschutzmittel verwendet.
- 2) PAPI – Datenbank der zugelassenen Pflanzenschutzmittel (offizielle Datenbank aller zugelassenen PSM). Informationen wurden vor allem zu Plausibilitätsprüfungen der Produkt- und Wirkstoffnamen herangezogen.
- 3) Ökotoxikologische Daten der Wirkstoffe wurden aus den Sicherheitsdatenblätter der Produkte bzw. der Pesticide Properties DataBase (PPDB) entnommen.
- 4) Daten der Befunde des LHW – Monitorings für Oberflächengewässer und das Grundwasser (Stand 06. 2010)

## 2.4 Beurteilung der Datenqualität

### 2.4.1 Datenumfang und Wirkstofffassung

Von der Qualität der Datengrundlagen wird das Ergebnis der Untersuchungen wesentlich beeinflusst. Entscheidende Frage ist dabei, inwieweit die gewählte (bzw. entstandene) Stichprobengröße für die mit der Studie verbundenen Ziele ausreichend ist.

Insgesamt wurden 40.659 Datensätze in die Auswertung einbezogen und in der Summe der betrachteten Jahre sind die in der Tab. 6 dargestellten Flächen für die einzelnen Fruchtarten und Regionen auszuweisen.

In der Summe der Betrachtungsjahre repräsentiert der erhobene Flächenumfang 11,03 % des AL von Sachsen-Anhalt, d.h. je Erhebungsjahr waren 3,67 % der AF einbezogen.

Primäres Ziel der Studie ist die Erfassung in der Landwirtschaft hauptsächlich verwendeter Wirkstoffe und ihres Anwendungsumfanges.

**Tab. 6: Umfang der für die Fruchtarten erfassten Flächen**

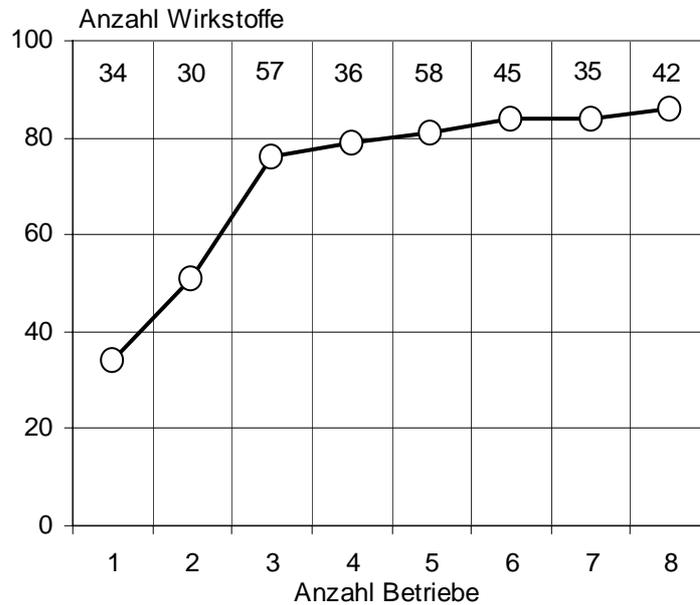
Fruchtart	Altmark	Auen	Börde	Harz	Heiden	Wische	Süßes See	Unstrut	Gesamt- fläche / Frucht- art
Ackerbohnen			41,9	152,2					194,1
Ackergras			146,4	54,2					200,6
Apfel			18,1			8,0	199,8		225,9
Aprikose							22,7		22,7
Begrünung mit Gras			44,3						44,3
Birne							1,0		1,0
Blattpetersilie				10,5					10,5
Bohnenkraut			5,0						5,0
Dauerstilllegung	1,0								1,0
Dinkel						18,6			18,6
Durum				171,5					171,5
Erbsen	116,9	57,9	625,1	702,9	91,3	77,8			1671,8
Erdbeeren			0,5						0,5
Futterlegumi- nosen	354,8								354,8
Futterrüben		2,9		40,5					43,4
Gelbe Lupinen	11,3								11,3
Getreide Ganzpflanze			59,9	121,0					180,8
Gras			114,3						114,3
Grünland				15,0	21,0				36,0
Gurke			3,2						3,2
Hafer	60,1	3,5	213,8	48,6	51,5				377,5
Hopfen			23,8						23,8
Kartoffel	77,1	0,5	838,3	188,8		5,8			1110,5

Weiter Tab. 6

Fruchtart	Altmark	Auen	Börde	Harz	Heiden	Wische	Süßes See	Unstrut	Gesamtfläche / Fruchtart
Kohl			0,7						0,7
Lein	206,2	138,1		291,4					635,8
Luzerne			302,8						302,8
Luzernegras				53,3					53,3
Mais	2557,5	812,5	2362,3	2513,8	1861,1	78,5			10185,7
Majoran			65,1						65,1
Möhren				19,4					19,4
Nichtleguminosen	116,0				123,6				239,6
Pfirsich							0,4		0,4
Pflaume							2,6		2,6
Sauerkirsche							5,3		5,3
Selbstbegrünung	156,6			425,8	635,4				1217,9
Senf	32,3								32,3
Sommergerste	180,2	8,2	1648,2	1145,5	102,2	62,2			3146,5
Sommerhartweizen			12,6						12,6
Sommerweizen	10,4	1,7	10,2	29,1					51,4
Sonderbehandlungen				14,3					14,3
Sonnenblumen	14,3		5,2	67,7					87,1
Spargel	12,0								12,0
Stilllegung	9,2			3,0					12,3
Süßkirsche				10,3			11,6		21,9
Thymian			2,7						2,7
Tomate			1,7						1,7
Weiter Tab. 6									
Triticale	654,0	339,7	635,2	683,2	991,0				3303,1
Weide, intensiv	339,9								339,9
Wein							3,4	7,2	10,7
Weißer Lupinen					100,4				100,4
Wiese, extensiv	0,0		4,8		157,6				162,4
Wiese, intensiv	132,1			95,1					227,2
Wintergerste	1930,1	964,0	5441,2	2839,2	2074,6				13249,1
Wintergetreide			18,5	21,3					39,8
Winterraps	2048,1	1132,8	9191,3	5504,6	2649,5				20526,3
Winterroggen	1999,3	684,3	1090,6	412,8	2196,4				6383,5
Winterweizen	2564,7	1460,9	19845,9	10916,2	2833,0	137,0			37757,8
Zuckerhirse	35,3								35,3
Zuckerrübe	390,6	299,4	3837,7	1589,2	257,4				6374,2
Zwiebeln			0,8						0,8
Zwischenfrucht				393,8					393,8
Gesamtfläche / Region	14009,9	5906,3	46619,6	28630,8	14145,8	512,9	246,9	7,2	110079,5

Aus der Abb. 5 ist zu entnehmen, dass nach einem Stichprobenumfang von 5 bis 6 landwirtschaftlichen Betrieben etwa 80 bis 85 Wirkstoffe bereits registriert werden (Summenkurve). Die in der Abbildung enthaltenen Zahlenwerte entsprechen der im

jeweiligen Betrieb aufgefundenen Wirkstoffanzahl. Damit werden je nach zuerst ausgewähltem Betrieb bereits ca. 34 bis 58 Wirkstoffe erfasst. Die Aufnahme weiterer Betriebe führt zu einem unwesentlichen (wenn es um die wichtigsten Wirkstoffe geht!) Anstieg der gefundenen Wirkstoffe, d.h. es werden lediglich seltener angewendete Wirkstoffe zusätzlich erfasst.



**Abb. 5: Anzahl im Ackerbau verwendeter Wirkstoffe in zufällig ausgewählten Betrieben und Summenkurve der insgesamt aufgenommenen Wirkstoffanzahl**

Abb. 6 enthält eine etwa gleichartige Aussage für die Erfassung von in Dauerkulturen (Obst- und Weinbau) angewendeten Wirkstoffen.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Stichprobenumfang sehr ausreichend war, weil in der Summe aller Betriebe bzw. Fruchtarten und Regionen 208 Wirkstoffe von 255 aktuell zugelassenen Wirkstoffen (d.h. ca. 82 %) registriert wurden.

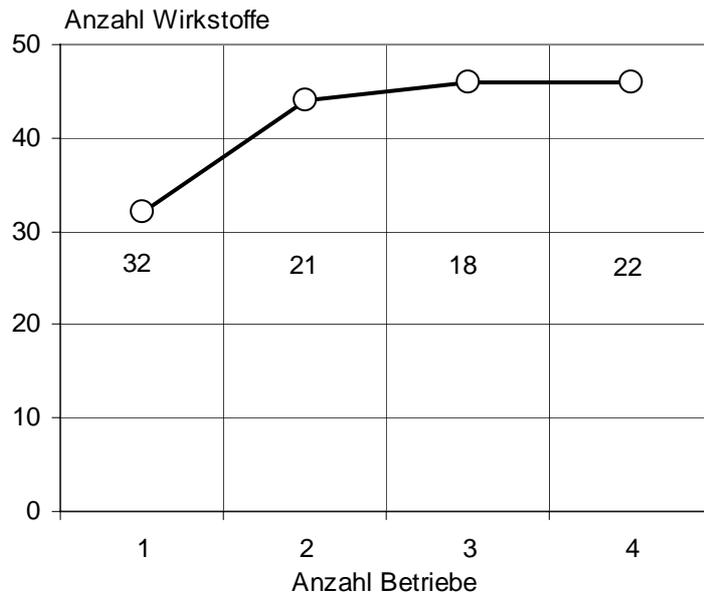


Abb. 6: Anzahl in Dauerkulturen eingesetzter Wirkstoffe in ausgewählten Betrieben und Summenkurve der insgesamt aufgenommenen Wirkstoffanzahl

### 2.4.2 Beziehung zwischen Produkt- und Wirkstoffmenge

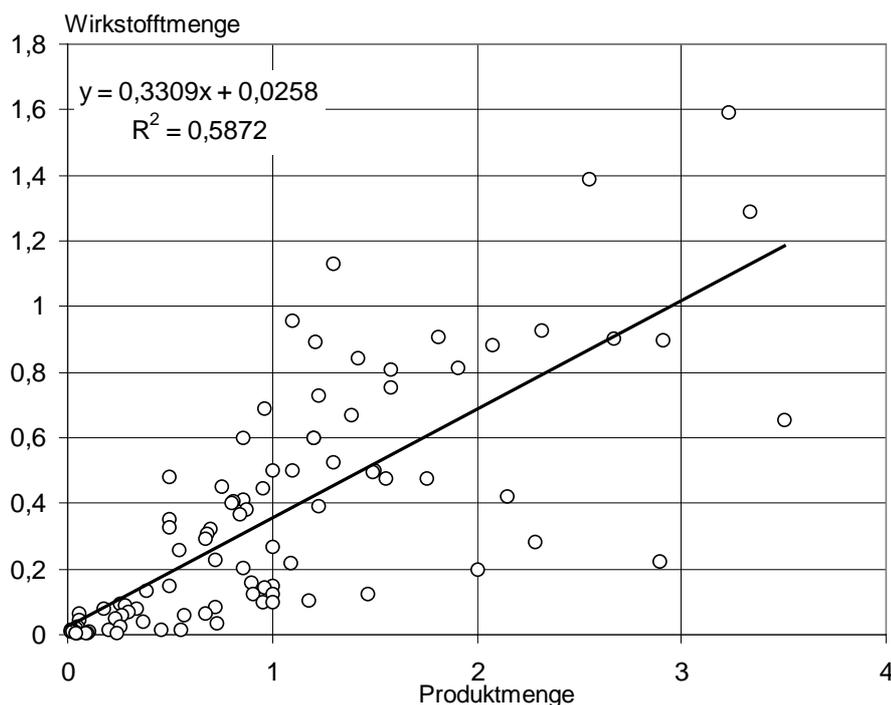


Abb. 7: Beziehung zwischen ausgebrachter Produktmenge und Wirkstoffmenge

In der Abb. 7 ist die Beziehung zwischen der je Behandlung ausgebrachten Produktmenge und der dann ausgebrachten Wirkstoffmenge aufgezeigt. Im Durchschnitt der gegenwärtig zugelassenen Pflanzenschutzmittel werden je kg Produkt ca. 0,33 kg (nach Anstieg der Regressionsgraden) Wirkstoff ausgebracht.

Der dargestellte Zusammenhang wird jedoch nur zu ca. 58 % von der Ausbringungsmenge erklärt. Aufgezeigte erhebliche Abweichungen von der Regressionsgraden ergeben sich, weil der Wirkstoffgehalt der Produkte sehr unterschiedlich ist. Dennoch ist der aufgeführte Zusammenhang für eine gröbere Abschätzung ausgebrachter Wirkstoffmengen auf der Grundlage von Daten zur Anwendung von Pflanzenschutzmittel nutzbar.

## **2.2 Methodisches Vorgehen**

### **2.2.1 Allgemeine Angaben**

Auf Grundlage der beschriebenen Datensätze wurde ein Ranking der in den Jahren 2007 bis 2009 verwendeten PSM und deren Wirkstoffe abgeleitet. Die dazu notwendigen Schritte und inhaltliche Arbeiten sind in der Abb. 8 dargestellt und werden im Folgenden beschrieben.

Schritt I: Der erste Schritt in der Datenaufarbeitung bestand in der Analyse der Anwendung von Pflanzenschutzmittel unter Beachtung unterschiedlicher Betrachtungsebenen. Ziel dieser Analysen ist festzustellen, inwieweit die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln von regionalen Faktoren, unterschiedlichen Produktionsausrichtungen der Betriebe (Betriebstyp) bzw. auch von den jeweiligen Fruchtarten variiert wird.

Schritt II: Aus diesen Ergebnissen abgeleitet ergeben sich Hinweise über die Tiefe der Differenzierung nachfolgender Analysen zum Wirkstoffranking, also die Notwendigkeit der Einzelbetrachtung z.B. der Jahre oder Regionen.

Schritt III: In einem dritten Schritt sind die Kriterien für das Ranking der aufgefundenen Wirkstoffe festzulegen. Dieser Schritt ist diffizil, weil mit dem Ranking der Wirkstoffe sehr unterschiedliche Fragestellungen verbunden werden. Im Wesentlichen geht es um potenzielle Einflüsse auf das Grundwasser, das Oberflächenwasser oder die Gefährdung von Einzelarten (z.B. Wasserfloh) oder Artengemeinschaften (z.B. Makrozoobenthos) der Gewässer. Für die Berücksichtigung vorliegender Sachverhalte bei der Rangbildung sind vom Grundsatz her zunächst drei Grobzuordnungen möglich. Sie beziehen sich auf Ordnungskriterien unterschiedlicher Inhalte. Dazu gehören standort- oder betriebsbezogene Kriterien des Ranking, welche sich aus den Daten der Betriebserhebung (Anwendungshäufigkeit, Einsatzmengen, den behandelten Flächenumfang) ableiten lassen. Dann Rankingkriterien abgeleitet aus wirkstoffbezogenen Kriterien (Wirkstoffeigenschaften) und schließlich „übergreifende“ oder zusammenfassende Kriterien der Rangbildung.

Standort (regions)- und betriebsbezogene Kriterien: Aus den Betriebsdaten abgeleitet wurden folgende Kriterien zur Rangbildung des Einsatzes der Wirkstoffe. Anzahl der Nennungen des Wirkstoffes (=Wahrscheinlichkeit seiner Anwendung in der Landwirtschaft), die behandelte Fläche, Mengen der eingesetzten Pflanzenschutzmittel (Produkte) und Mengen der verwendeten Wirkstoffe.

Ergänzend erfolgte ein Verschnitt der Daten aus den Betriebserhebungen mit der Anbaustruktur der betrachteten Agrarregionen. Die Verknüpfung der Daten erfolgte in der

Weise, dass die je Fruchtart registrierten Wirkstoffmengen auf den Anbauumfang (Anteil der Fruchtart in %) der Fruchtart in den Regionen hochgerechnet wurden.

Menge des Wirkstoffeinsatzes / Fruchtart X Flächenanteil der Fruchtart in der Region

Da einige PSM mehrere Wirkstoffe enthalten, wurden die Berechnungen für jeden Wirkstoff vorgenommen.

Die unterschiedlichen Kriterien wurden ausgewählt, weil sich u.U. Unterschiede in einem nachfolgenden Ranking der verwendeten Wirkstoffe nach diesen Kriterien ergeben. So treten z.B. nach dem Kriterium „Nennung des Wirkstoffes“ oder eingesetzte PSM – Mengen alle Wirkstoffe auf, d.h. auch Wirkstoffe nichtchemischer Art (Granulosevirus, *Bacillus thuringiensis*). Die Rangbildung auf Wirkstoffebene erfasst Wirkstoffe chemisch-synthetischer Art einschließlich eingesetzter Öle.

Zudem sollte die Vergleichbarkeit zu anderen Befunden oder Rangbildungsmethoden gegeben sein, weil z.B. bei anderen Untersuchungen ein Rankings aus Verkaufsmengen von PSM berechnet wird, was letztthin der Einsatzwahrscheinlichkeit für das Produkt / den Wirkstoff entspricht. Da die Wirkstoffgehalte der Produkte sehr unterschiedlich sind, können sich Ergebnisdifferenzen in der Rangbildung zwischen Produkt- und Wirkstoffmengen ergeben. Auch dies sollte geprüft werden, was die Verwendung beider Parameter voraussetzt.

#### Wirkstoffbezogene Kriterien:

Da das Auftreten von Pflanzenschutzmitteln im Grund- und Oberflächenwasser im wesentlichen auch auf Stoffeigenschaften zurückzuführen ist, wurden in das Ranking ebenfalls ausgewählte Stoffeigenschaften einbezogen. Sie beschreiben physikalisch-chemische Eigenschaften bzw. toxikologische Eigenschaften der Wirkstoffe. Im Regelfall finden sich ca. 10 Kennzahlen zur Beschreibung der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Wirkstoffes und oft mehr als 18 Kennwerte zur Beschreibung seiner toxikologischen Eigenschaften (Organismen ausgewählter Lebensräume und Humantoxizität).

Für das in dieser Studie durchgeführte Ranking wurden Kennwerte zur Beständigkeit der Wirkstoffe im Boden (DT 50 Boden) bzw. die Löslichkeit in Wasser und den  $K_{OC}$ -Wert. verwendet Als toxikologischer Wert wurde die LC 50 Daphnia (Wasserfloh) herangezogen. Alle aufgeführten Kriterien stehen in fachlichem Bezug zu potenziellen Belastungen von Gewässern bzw. Grundwasser mit PSM – Wirkstoffen und deren Residuen.

Halbwertszeit DT 50 (Boden): Ist das Maß für die Persistenz des Wirkstoffes im Boden. Der Wert gibt den Zeitraum in Tagen an, innerhalb welcher 50 % des Wirkstoffes abgebaut sind. Aus wasserfachlicher Sicht wird eine Halbwertszeit > 20 Tage als nachteilig bzw. kritisch angesehen. Danach werden bei der Rangbildung Wirkstoffe mit hohen Halbwertszeiten kritischer eingeschätzt (vordere Rangplätze).

Wasserlöslichkeit: Die Wasserlöslichkeit eines Wirkstoffes wird als Menge des Wirkstoffes in g angegeben, die sich in einem l Wasser lösen lässt. Es wird davon ausgegangen, dass eine gute Wasserlöslichkeit die potenzielle Verfrachtung des Wirkstoffes durch den Wasserstrom erhöht. Eine hohe Wasserlöslichkeit ist ab einer Schwelle von ca. 10 g/l Wasser gegeben. Danach werden bei der Rangbildung Wirkstoffe mit hoher Wasserlöslichkeit kritischer eingeschätzt (vordere Rangplätze).

K<sub>OC</sub>-Wert: Der K<sub>OC</sub> – Wert beschreibt die Verteilung eines Wirkstoffes zwischen der organischen Bodensubstanz und wässriger Lösung. Hohe Werte zeigen eine stärkere Bindung im (organisch gut versorgten) Boden an. Damit ist die Gefahr der Auswaschung geringer als bei Wirkstoffen mit niedrigem K<sub>OC</sub> – Wert. Zur Einschätzung der Verlagerungstendenz wird ein K<sub>OC</sub> – Wert < 500 als kritisch angesehen. Eine verbale Einschätzung der Bodenmobilität kann nach McCall u.a.(1980) über Angaben der Tab. 7 erfolgen.

**Tab. 7: Abhängigkeit der Wirkstoffmobilität vom K<sub>OC</sub> – Wert**

K <sub>OC</sub> – Wert	Einschätzung der Mobilität
0 – 50	Sehr hoch
50 – 150	Hoch
150 – 500	Mittel
500 – 2000	Wenig
2000 – 5000	Leicht
> 5000	immobil

Danach werden bei der Rangbildung Wirkstoffe mit niedrigem K<sub>OC</sub> – Wert kritischer eingeschätzt (vordere Rangplätze).

LC 50 Daphnia: Der LC 50 Wert beschreibt die Wirkstoffkonzentration bei der eine 50 % Mortalität einer Tier- (Organismen) population eintritt. In diesem Fall ist der Große Wasserfloh als Bezug verwendet, weil er eine wichtige Stellung in der Nahrungskette aquatischer Organismen einnimmt. Wirkstoffe mit kleineren LC 50 – Werten werden kritischer eingeschätzt (vordere Rangplätze).

Auf der Basis angeführter chemisch-physikalischer und toxikologischer Eigenschaften wurde ebenfalls eine Rangbildung nach der Ähnlichkeit von Stoffeigenschaften durchgeführt Hierbei beruht die Rangbildung auf der Ähnlichkeit der Parameter der zu beurteilenden

Bericht: Ranking der Anwendung von PSM-Wirkstoffe in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts

Wirkstoffe zu den Parametern bereits auffällig gewordenen Wirkstoffen. Folgender Algorithmus wurde zur Rangbildung verwendet.

$(\text{Wert Eigenschaft1 Wirkstoff B} - \text{Wert Eigenschaft1 Wirkstoff A}) + (\text{Wert Eigenschaft2 Wirkstoff B} - \text{Wert Eigenschaft2 Wirkstoff A}) + \dots$

Dabei ist Wirkstoff A der Referenzwirkstoff (bereits auffällige Wirkstoff) und die aufsummierten Differenzen der Wirkstoffeigenschaften wurden als Absolutwert ausgegeben. Nach dieser Berechnung sind Wirkstoffe mit dem geringsten Wert dem auffälligen Wirkstoff (Referenzwirkstoff) in ihren Eigenschaften am ähnlichsten und werden bei der Rangbildung kritischer bewertet.

Als Vergleichswirkstoff wurden für den vorliegenden Bericht Bentazon, Fenpropimorph und Isoproturon herangezogen. Prinzipiell können bei dieser Vorgehensweise auch andere Wirkstoffe als Referenz gewählt werden.

Zusammenfassende bzw. kombinierte Kriterien zum Wirkstoffranking: Eine Zusammenfassung von Rangbildungskriterien erfolgte nach dem Zielvorhaben der Rangbildung. Diese können sich unterscheiden z.B. in der Einschätzung der Gefährdung des Grundwassers, des Oberflächenwassers oder als Rangbildung zur Detektion oder Prognose für die Biozönose relevanter Wirkstoffe im Sinne einer vorbeugenden Gefahrenabwehr.

Nach den aufgeführten Zielen wurden unterschiedliche Kriterien der Rangbildung zusammengefasst.

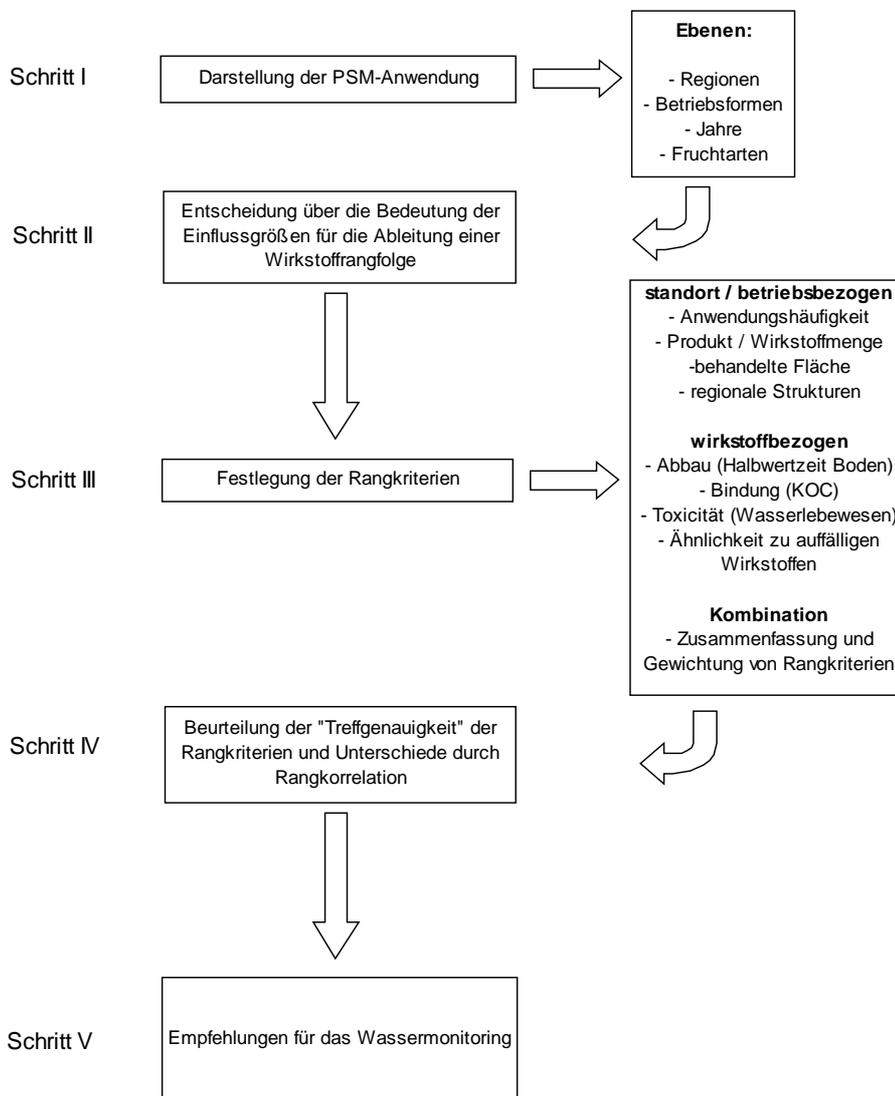
Grundwasser: Wirkstoffmenge (nach Regionsstruktur);  $K_{OC}$  – Wert, DT 50 Boden, Ähnlichkeit zu Isoproturon und Bentazon,

Oberflächenwasser: Wirkstoffmenge (nach Regionsstruktur);  $K_{OC}$  – Wert, Wasserlöslichkeit und Ähnlichkeit zu Fenpropimorph,

Vorbeugende Gefahrenabwehr: Wirkstoffmenge (nach Regionsstruktur); LC 50 – Werte für den Wasserfloh.

Das zusammenfassende Ranking der Wirkstoffe wurde auf Grundlage der Rangstellung der Wirkstoffe zu den jeweiligen Kriterien vorgenommen. Das Verfahren der Aggregation über die Rangstellung der Wirkstoffe bei jedem einbezogenen Rangordnungskriterium ist sinnvoll, weil über die realen Ergebniswerte der Kriterien (Wirkstoffmenge, DT 50 oder  $K_{OC}$  – Werte) eine Zusammenfassung nicht möglich ist, denn sie haben sehr unterschiedliche Werte und Dimensionen (z.B. kg in Bezug zur Menge, Tage in Bezug zur Halbwertszeit DT 50). Auch ist die Ähnlichkeit zwischen Wirkstoffen und Referenzwirkstoff jeweils nur durch einen fiktiven Zahlenwert beschrieben (ohne Dimension). Somit stellen die Einzelkriterien der Rangbildung sehr unterschiedlich große Zahlenwerte dar. Eine Gewichtung der zusammenfassenden Rangbeurteilung erfolgte daher nicht durch stärkere Gewichtung eines einzelnen Kriteriums,

sondern durch sinnvolle und dem Rangbildungsziel entsprechende Zusammenführung ausgewählter Ordnungskriterien.



**Abb.8: Methodische Abfolge in der Durchführung des Wirkstoffrankings**

Schritt IV: Im IV Schritt geht es um die Beurteilung der bei unterschiedlichen Rangverfahren gewonnenen Ergebnisse. Die Beurteilung erfolgte prinzipiell auf zwei Überlegungen.

- 1) der Treffgenauigkeit der Rangaussagen: Hierbei wird lediglich beurteilt, ob im bisherigen Monitoring auffällig gewordene Wirkstoffe (siehe Anlage Tab. A1 und A2) bei der Rangbildung obere Plätze belegen.

- 2) Der Unterschiedlichkeit der Befunde im Ergebnis der Rangbildung. Hierbei geht es darum zu beurteilen, ob die verwendeten Kriterien der Rangbildung letztlich auch zu unterschiedlichen Ergebnissen im Rangauftreten der Wirkstoffe führen. Dies ist von Interesse, weil verschiedene Zielsetzungen mit dem Monitoring verbunden werden. Dabei erfolgte die Beurteilung der Ergebnisse durch Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten. Er stellt dar, ob die ermittelten Wirkstoffrangfolgen miteinander korrelieren oder nicht. Eine hoher Korrelationswert deutet auf starke Ähnlichkeit der Rangbefunde (kein statistische Unterschied in den Wirkstoffrängen), niedrige (bzw. nicht gesicherte Korrelationswerte) belegen deutliche Unterschiede in den Rangergebnissen nach dem jeweiligen Rangkriterium.

### **2.2.2 Anwendung statistischer Verfahren**

Für die Beantwortung der mit dem Projekt verbundenen unterschiedlichen Fragestellungen wurden folgende statistische Verfahren verwendet.

- 1) Regressionsberechnungen zur Analyse bestehender Zusammenhänge (z.B. zwischen Produkt- und Wirkstoffmenge)
- 2) Ermittlung des Standardfehlers des Mittelwertes (Standardabweichung, SD)
- 3) Statistische Beurteilung der Diversitätsdifferenz nach McArthur (1965) und POOLE (1974). Das Verfahren wurde angewendet um Anbaustrukturen und ausgebrachte PSM – Mengen zwischen den Agrarregionen zu vergleichen.
- 4) Rangkorrelationsberechnungen für ordinale Daten nach SPERMANN zur Beurteilung der Unterschiedlichkeit der nach verschiedenen Rangkriterien ausgewiesenen Ergebnisse

## **3. Ergebnisse**

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Abfolge der vorhergehend benannten methodischen Schritte dargestellt.

### **3.1 PSM – Anwendung in der Landwirtschaft und bei Dauerkulturen**

#### **3.1.1 PSM – Einsatz in Abhängigkeit von den Fruchtarten und Agrarregionen**

Die im Erhebungszeitraum in den registrierten Fruchtarten ausgebrachten Pflanzenschutzmittel sind in der nachfolgenden Tab. 8 enthalten. Sie fasst die im Anhang

differenziert nach Wirkgruppen dargestellten Aufwendungen (Tab. A3 – A9) des chemischen Pflanzenschutzes für die Fruchtarten und Gebiete zusammen.

**Tab. 8: Aufwendungen für den Pflanzenschutz\* in den erfassten Fruchtarten bzw. Arten der Flächennutzung differenziert nach Agrarregionen bzw. Obstanbaugebieten in Sachsen-Anhalt im Durchschnitt der Jahre 2007 – 2009**

Fruchtart	Altmark	Auen	Börde	Harz	Heiden	Wische	Obstbau
Ackerbohnen			2,53	2,12			
Ackergras			0,08	0,93			
Apfel			27,70			39,77	33,17
Aprikose							3,51
Begrünung mit Gras			1,06				
Birne							23,25
Blattpetersilie				3,73			
Bohnenkraut			0,80				
Dauerstilllegung	0,67						
Dinkel						1,17	
Durum				1,12			
Erbsen	1,31	2,24	2,15	5,40	1,70	3,48	
Erdbeeren			3,04				
Futterleguminosen	1,46						
Futterrüben		2,98		0,68			
Gelbe Lupinen	2,00						
Getreide Ganzpflanze			1,20	0,86			
Gras			2,99				
Grünland				0,36	0,79		
Gurke			1,99				
Hafer	0,89		0,77	0,84	0,42		
Hopfen			5,00				
Kartoffel	9,03	0,50	3,56	1,56		10,50	
Kohl			0,10				
Lein	1,24	2,02		0,96			
Luzerne			0,05				
Luzernegras				2,61			
Mais	1,60	2,64	1,11	1,28	1,51	0,81	
Majoran			2,05				
Möhren				2,67			
Nichtleguminosen	0,67				0,66		
Pfirsich							9,75
Pflaume							12,63
Sauerkirsche							3,81
Selbstbegrünung	0,67			1,60	0,01		
Senf	2,03						
Sommergerste	1,13	2,68	1,47	1,49	1,51	1,98	
Sommerhartweizen			1,09				
Sommerweizen	0,22	1,90	0,01	1,15			
Sonderbehandlungen				0,52			
Sonnenblumen	1,50		1,33	2,31			
Spargel	0,60						
Stilllegung	0,50			0,19			
Süßkirsche							11,26
Thymian			2,67				
Tomate			0,91				

Weiter Tab. 8

Fruchtart	Altmark	Auen	Börde	Harz	Heiden	Wische	Obstbau
Triticale	2,19	2,80	1,99	1,82	1,97		
Weide, intensiv							
Wein							20,10 - 25,13
Weißer Lupinen					1,17		
Wiese, extensiv	0,02		1,21		1,57		
Wiese, intensiv	0,60			0,74			
Wintergerste	2,27	2,68	2,54	2,38	1,84		
Wintergetreide			0,05	1,33			
Winterraps	2,71	2,76	2,84	2,40	2,82		
Winterroggen	1,90	1,74	3,48	2,40	1,66	2,06	
Winterweizen	3,09	2,15	6,61	3,22	2,44	2,12	
Zuckerhirse	3,64						
Zuckerrübe	8,79	5,25	5,34	3,55	5,87		
Zwiebeln			0,50				
Zwischenfrucht				0,70			

\* Mittelaufwand für alle PSM – Gruppen in kg bzw. l je ha Anbaufläche der Fruchtart bzw. Flächennutzung unter Einschluss aller durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen, d.h. es sind auch nicht chemisch-synthetische PSM erfasst. Dies trifft insbesondere auf den Obst – und Weinbau zu.

In den Erhebungsdaten fanden sich Informationen zum Pflanzenschutzmitteleinsatz in 54 Fruchtarten und 8 Angaben zu Nutzungsrichtungen (Getreide Ganzpflanzen) bzw. Landnutzungsformen (z.B. Grünland, Stilllegung). Die Daten der Tabelle verdeutlichen die unterschiedliche Pflanzenschutzintensität der Fruchtarten und Landnutzungstypen und verweist auf Differenzierungen im PSM – Einsatz zwischen den Agrarregionen.

In der Zusammenfassung der Befunde verteilen sich die Wirkgruppen der verwendeten Pflanzenschutzmittel auf die Regionen, wie Tab. 9 aufzeigt.

**Tab. 9: Übersicht der in den Agrarregionen eingesetzten PSM – Wirkgruppen in kg bzw. l / ha und Jahr**

Region	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Altmark	0,46	1,75	0,04	0,11	2,36
Auen	0,70	1,62	0,08	0,18	2,57
Börde	0,89	3,23	0,08	0,27	4,47
Harz	0,69	1,67	0,05	0,20	2,62
Heiden	0,50	1,33	0,06	0,16	2,04
Wische	1,30	1,24	0,03	0,17	2,74
Obstbau	24,36	0,13	3,83	0,05	28,37
Weinbau	19,43	0,67	0,00	0,00	20,10

In der Gesamtschau der Tab. 9 ist zu sagen, dass auf den hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Flächen der Einsatz von Herbiziden den größten Anteil an den ausgebrachten Pflanzenschutzmittelmengen ausmacht. Er liegt bei ca. 64 %. Fungizide, Insektizide und Wachstumsregulatoren haben einen Anteil von ca. 27,0; 2,0 und 6,4 %. Im Obst und Weinbau entfallen ca. 90 % der ausgebrachten Mengen auf Fungizide bzw. fungizide Wirkstoffe. Der Einsatz von Schwefelpräparaten ist hier führend. Bezogen auf die ausgebrachten Produktmengen haben Herbizide einen Anteil von ca. 1,6 % und Insektizide von ca. 7,9 %. Wachstumsregulatoren fallen, bezogen auf ihre Einsatzmengen, kaum ins Gewicht. Allerdings konzentriert sich ihre Anwendung auf wenige Wirkstoffe (z.B. Chlormequat-Chlorid).

Tab. 10 beurteilt die Bedeutung der in den Regionen ausgebrachten Pflanzenschutzmittelmengen auf statistischer Basis. Der dargestellte Renkonenwert benennt die Prozentuale Übereinstimmung der Befunde. Fett dargestellte Werte zeigen, dass auf Basis einer statistischen Bewertung der Diversitätsdifferenz Unterschiede im Pflanzenschutzmitteleinsatz zwischen den Regionen bestehen. Da bei diesem Verfahren alle Fruchtarten und die jeweiligen PSM – Mengen für die Fruchtarten in die Statistik eingehen, ist davon auszugehen, dass die Differenzierung zwischen den Regionen hauptsächlich als Ergebnis der unterschiedlichen Anbaustrukturen entsteht. So ist die Börde von den anderen Regionen stark unterschieden und ebenso die Elbwische.

**Tab.10: Bewertung der in Tab. 8 dargestellten PSM – Aufwendungen (Renkonenzahl) und statistische Differenzierung der Werte nach der Diversitätsdifferenz (hervorgehobene Werte zeigen statistisch gesicherte Unterschiede zwischen den verglichenen Regionen)**

<b>Region</b>	<b>Auen</b>	<b>Börde</b>	<b>Harz</b>	<b>Heiden</b>	<b>Wische</b>
Altmark	52,9	<b>24,1</b>	49,8	52,3	<b>29,9</b>
Auen		<b>19,9</b>	<b>43,4</b>	63,2	<b>12,8</b>
Börde			<b>26,8</b>	21,4	<b>68,2</b>
Harz				<b>45,3</b>	<b>19,7</b>
Heiden					<b>16,9</b>

In der Abb. 9 und 10 sind die Befunde der Tab.9 visuell verdeutlicht und mit den Wasserkörpern (Oberflächenwasser – bzw. Grundwasserkörper) verschnitten.

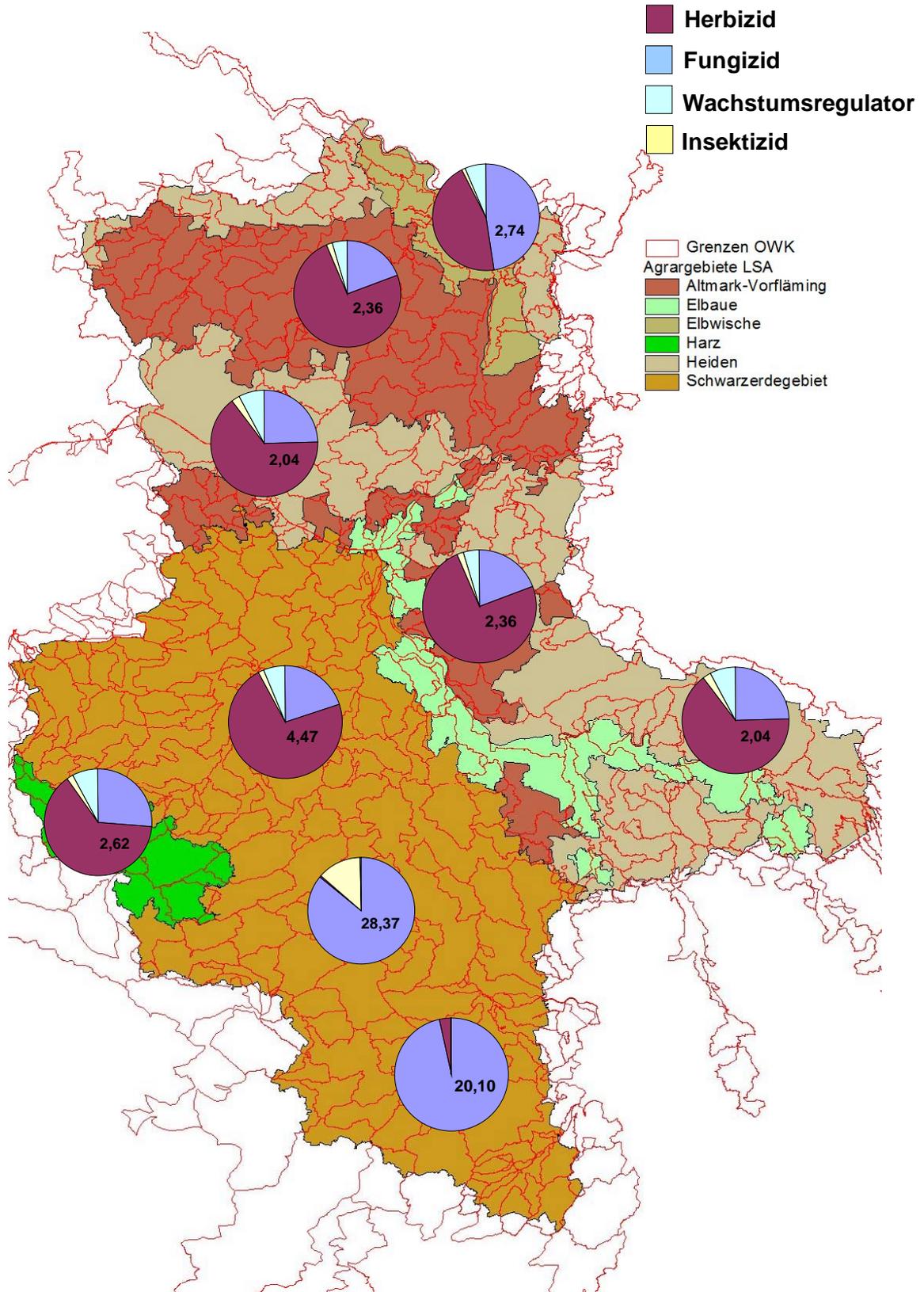


Abb. 9: Im Mittel der Jahre 2007 – 2009 bei landwirtschaftlicher Flächennutzung oder Dauerkulturen in den Agrarregionen in kg / l je ha ausgebrachte Produktmengen und ihr Bezug zu Oberflächenwasserkörper

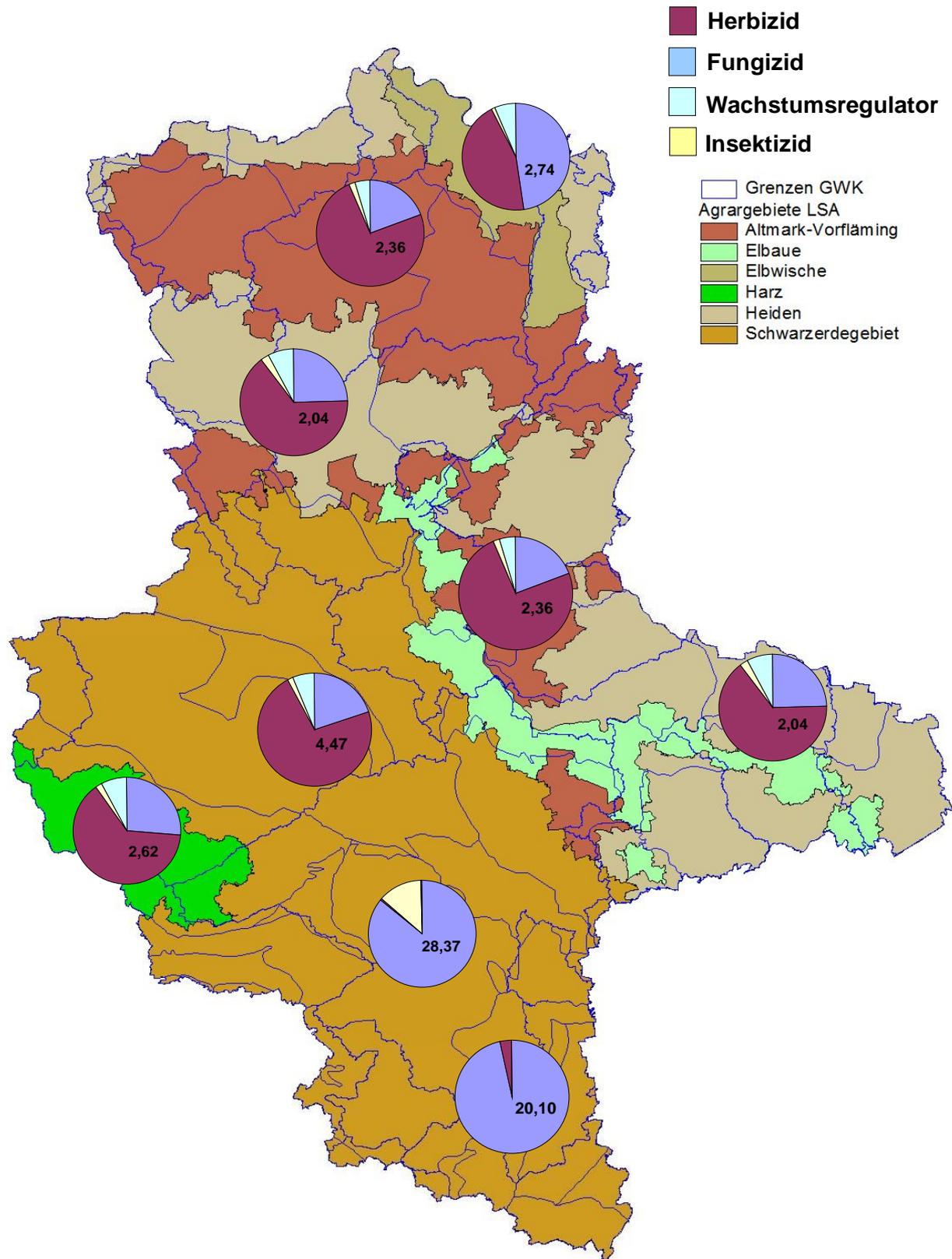


Abb. 10: Im Mittel der Jahre 2007 – 2009 bei landwirtschaftlicher Flächennutzung oder Dauerkulturen in den Agrarregionen in kg / l je ha ausgebrachte Produktmengen und ihr Bezug zu Grundwasserkörpern

### 3.1.2 Abhängigkeit des PSM – Einsatzes von den Jahren und den Betriebstypen

Es wurde ebenfalls überprüft, inwieweit die Anwendung von Pflanzenschutzmittel über weitere Einflussfaktoren variiert wird.

Zunächst die bei jeder Pflanzenschutzmaßnahme verwendeten Aufwandmenge in Zuordnung zu den landwirtschaftlichen Betriebstypen und Jahren. Die Daten sind in der Tab. 11 enthalten. Sie zeigen, dass die je Applikationsmaßnahme verwendete Aufwandmenge (Produkt) sich zwischen den Betriebstypen und Jahren nur sehr unwesentlich unterscheiden. Statistisch gesicherte Unterschiede liegen nicht vor.

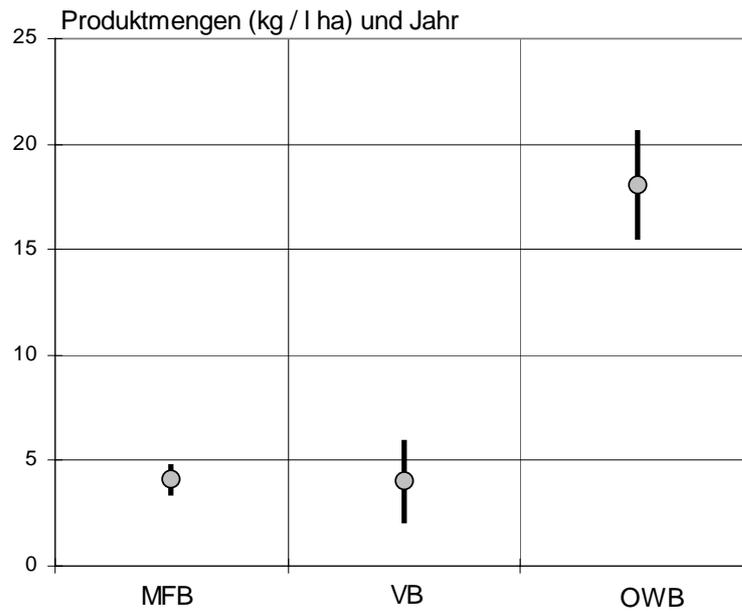
**Tab. 11: Applikationsmengen der PSM – Wirkgruppen (kg bzw. l / ha) in Bezug zur Betriebsform und den Erhebungsjahren**

	<b>Fungizid</b>	<b>Herbizid</b>	<b>Insektizid</b>	<b>Wachstumsregler</b>	<b>Alle Wirkgruppen</b>
<b>Betriebsform</b>					
Marktfruchtbetrieb	0,6	1,2	0,2	0,7	0,8
Verbundbetrieb	0,7	1,2	0,2	0,7	0,9
<b>Jahr</b>					
2007	0,8	1,1	0,2	0,7	0,9
2008	0,8	1,1	0,3	0,6	0,9
2009	0,8	1,3	0,3	0,7	1,0

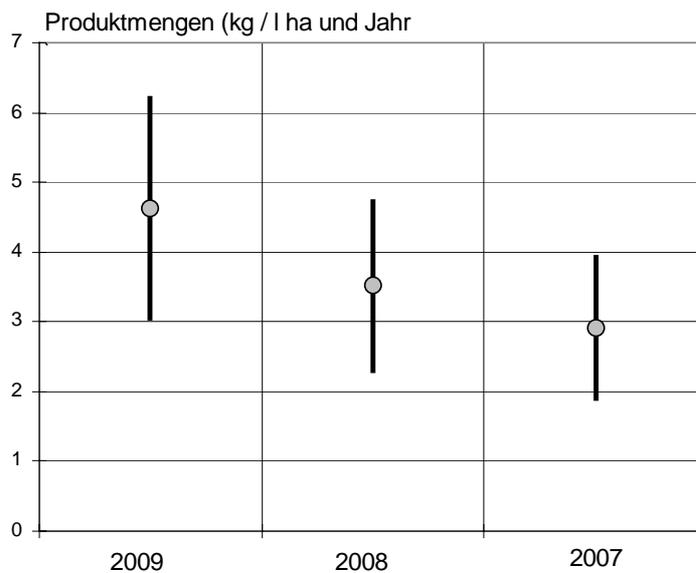
Bei Betrachtung der insgesamt je Fruchtart bzw. Schlag aufgewendeten Pflanzenschutzmittelmengen ergibt sich im Vergleich der Betriebstypen das in der Abb. 11 verdeutlichte Bild. Im Verlauf der Vegetationszeit werden im Obst- und Weinbau im Vergleich zum Ackerbau hohe Mengen an PSM eingesetzt. Die Unterschiede sind statistisch abgesichert.

Im Vergleich der landwirtschaftlich ausgerichteten Betriebsformen ergeben sich in Bezug auf die je ha im Vegetationsverlauf ausgebrachten PSM-Mengen kaum Unterschiede. Der Mittelwert ist bei den Verbundbetrieben etwas geringer, jedoch liegt ein hoher Standardfehler des Mittelwertes vor, d.h. die in der Untersuchung erfassten Betriebe sind in der PSM – Anwendung sehr unterschiedlich. Letztlich ergibt sich eine deutliche Überschneidung mit den PSM – Aufwendungen der Marktfruchtbetriebe. Ein gesicherter Unterschied zwischen Marktfrucht- und Verbundbetrieben besteht daher nicht.

In der Abb. 12 ist der Pflanzenschutzmitteleinsatz der landwirtschaftlich ausgerichteten Betriebe im Vergleich der Erhebungsjahre ausgewiesen. Die Mittelwerte der je ha und Jahr ausgebrachten Produktmengen sind zwischen den Jahren zwar verschieden, haben aber in jedem Jahr eine hohe Standardabweichung. Die aufgezeigten Differenzen des Mittelwertes liegen im statistischen Fehlerbereich. Gesicherte Unterschiede in Bezug zur eingesetzten PSM – Menge (kg bzw. l / ha) liegen also nicht vor.



**Abb. 11:** Im Vegetationsverlauf insgesamt (Summe über alle Pflanzenschutzmaßnahmen) ausgebrachte Produktmengen in Marktfruchtbetrieben (MFB), Verbundbetrieben (VB) und im Obst- und Weinbau (OWB), Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwertes



**Abb. 12:** Im Vegetationsverlauf insgesamt (Summe über alle Pflanzenschutzmaßnahmen) ausgebrachte Produktmengen in den Untersuchungsjahren als Mittelwert und Standardabweichung des Mittelwertes

### **3.1.3 Bedeutung der Befunde für die Ableitung einer Wirkstoffrangfolge**

Wesentliche Aussagen der vorstehenden Übersichten sind, dass die landwirtschaftlichen Fruchtarten einem sehr differenziertem chemischen Pflanzenschutz unterliegen. Die mittleren Ausbringungsmengen an Produkten (nicht Wirkstoffe) variierten für landwirtschaftliche Fruchtarten z.B. von 0,73 (Hafer als Mittelwert 2007 – 2009) bis 5,76 l bzw. kg / ha und Jahr (Zuckerrübe als Mittelwert 2007 – 2009).

Vorstehende Befund geben weiterhin für die Ableitung eines Rankings der PSM – Wirkstoffe wichtige Informationen. Sie liegen darin, dass für das Ranking die landwirtschaftlichen Betriebstypen und die Erhebungsjahre eine untergeordnete Bedeutung haben. Sie müssen beim Ranking nicht zwingend beachtet werden. Daneben ist der PSM – Einsatz, bezogen auf die Aufwandmenge je Applikation, in den ausgewiesenen Agrarregionen nicht unterschiedlich. Letzteres verweist darauf, dass für die Differenzen im PSM – Einsatz weniger die Handlungen des Einzelbetriebes von Bedeutung sind, als vielmehr die regionsprägende Anbaustruktur der Fruchtarten mit ihren jeweils unterschiedlichen Anforderungen an den Pflanzenschutz.

Der Pflanzenschutz in den Dauerkulturen (Obst- und Weinbau) ist sehr deutlich von den Maßnahmen auf Ackerbaustandorten differenziert, was in der Natur der Flächennutzung und Produktionsausrichtung liegt.

## **3.2 Wirkstoffe und Wirkstoffranking**

Aus Gründen der Vielzahl bestehender Möglichkeiten der Rangbildung (vergl. methodisches Vorgehen) werden nachfolgend ausgewählte und für Schlussfolgerungen wichtige Ergebnisse dargestellt. Weitere Befunde liegen in elektronischer Form vor. Zudem sind aus Gründen der Übersichtlichkeit die Rangtabellen nachstehend auf die ersten 35 Wirkstoffe begrenzt.

### **3.2.1 Ranking nach Standort und betriebsbezogenen Kriterien**

#### **3.2.1.1 Rangbildung auf Grundlage der Wirkstoffmengen**

In den Ackerbaukulturen wurden in den Jahren 2007 bis 2009 191 unterschiedliche Wirkstoffe eingesetzt und zusätzlich ausgewiesen sind Öle, Netzmittel und Mittel zur Wildschadenverhütung., die chemisch-physikalisch nicht als PSM – Wirkstoffe anzusehen sind oder durch ihre Anwendung im Regelfall keine Gefahr für Wasser darstellen. So werden Mittel gegen Wildverbiss in der Regel auf Bäume in begrenztem Umfang aufgestrichen.

Tab. 12: Rangbildung für die Jahre 2007 bis 2009 auf Grundlage der eingesetzten Wirkstoffmenge für Ackerbaukulturen (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)

2007	2008	2009	Alle Jahre
Chlormequat-chlorid	Isoproturon	Haloxyfop-R	Propamocarb
Glyphosat	Glyphosat	Aminopyralid	Prochloraz
Isoproturon	Chlormequat-chlorid	Chlorphacinon	S-Metolachlor
Metamitron	Metamitron	Isoxadifen-Ethyl	Metazachlor
Metazachlor	Metazachlor	Metazachlor	Tolyfluanid
Mecoprop-P	Tebuconazol	Metconazol	Clodinafop
Tebuconazol	Mecoprop-P	Mefenpyr	Pirimicarb
Paraffinöl	Chlorthalonil	Permethrin	Tribenuron
Pendimethalin	Pendimethalin	Tebufenozid	Metaldehyd
Fenpropimorph	Paraffinöl	Tetraconazole	Diflufenikan
Spiroxamine	Spiroxamine	Fentin-hydroxid	Fosetyl
Ethephon	Diflufenikan	Sulcotrion	Metolachlor
Boscalid	Diflufenican	alpha-Cypermethrin	Quinmerac
Terbutylazin	Boscalid	Chlortoluron	Pyraflufen
Fenpropidin	Ethephon	Prosulfuron	Propiconazol
MCPA	Terbutylazin	loxynil	Famoxadone
Bentazon	Fenpropidin	beta-Cyfluthrin	Prosulfuron
Triflursulfuron	Triflursulfuron	Mecoprop-P	Fenpropimorph
Ethofumesat	MCPA	Ethylester	Lambda-Cyhalothrin
Phenmedipham	Azoxystrobin	Tritosulfuron	Mesosulfuron
Amidosulfuron	Prothioconazol	S-Metolachlor	Tetraconazole
S-Metolachlor	Trinexapac	Ethofumesat	Tepraloxydim
Dimethachlor	Ethofumesat	Pyraclostrobin	Fluopicolide
Epoxiconazol	Fenpropimorph	Diflufenikan	Triadimenol
Diflufenican	Schwefel	Prohexadion	Chlorpyrifos
Dichlorprop-P	Prochloraz	Picoxystrobin	2,4 D
Mancozeb	Phenmedipham	Esfenvalerate	Chlorphacinon
Chlorthalonil	Amidosulfuron	Dimethomorph	Permethrin
Trinexapac	Flurtamone	Netzmittel	Ethephon
Prothioconazol	S-Metolachlor	Spiroxamine	Nicosulfuron
Tribenuron	Quinmerac	Oxydemeton-methyl	Carfentrazone
Flurtamone	Bentazon	Beflubutamid	Cloquitocet-mexyl
Quinmerac	Mancozeb	Bromoxynil	Clomazone
Azoxystrobin	Epoxiconazol	Flusilazol	Cyprodinil
Schwefel	Propiconazol	Clopyralid	Cyproconazol

Tab. 13 zeigt die sich ergebende Rangfolge für die ersten 35 Wirkstoffe. Im Jahr 2010 bereits in Sachsen-Anhalt auffällig gewordene Wirkstoffe sind farblich hervorgehoben.

**Tab. 13: Rangbildung für die Jahre 2007 bis 2009 auf Grundlage der eingesetzten Wirkstoffmenge für Dauerkulturen (Obst- und Weinbau)**

2007	2008	2009	Alle Jahre
Schwefel	Schwefel	Schwefel	Difenoconazol
Captan	Captan	Folpet	Dimethomorph
Mancozeb	Mancozeb	Metiram	Kresoxim-methyl
Kupferoxychlorid	Kupferoxychlorid	Fenhexamid	Boscalid
Dithianon	Dithianon	Mancozeb	Quinoxifen
Paraffinöl	Oxydemeton-methyl	Boscalid	Dithianon
Chlorpyrifos	Chlorpyrifos	Cyprodinil	Fenoxycarb
Pyrimethanil	Pyrimethanil	Spiroxamine	Chlorantraniliprol
Folpet	Folpet	Dithianon	Glyphosat
Metiram	Fenhexamid	Fludioxonil	Myclobutanil
Fenhexamid	Fenoxycarb	Cymoxanil	Fenhexamid
Fenoxycarb	Trifloxystrobin	Glyphosat	Glufosinat
Trifloxystrobin	Thiacloprid	Iprovalicarb	Pirimicarb
Thiacloprid	Metiram	Quinoxifen	Dodin
Indoxacarb	Glyphosat	Dimethomorph	Metiram
Glyphosat	Indoxacarb	Glufosinat	Pyraclostrobin
Cyprodinil	Cyprodinil	Famoxadone	Oxydemeton-methyl
Boscalid	Methoxyfenozide	Trifloxystrobin	Methoxyfenozide
Methoxyfenozide	Paraffinöl	Metalaxyl	Tebuconazol
Penconazol	Boscalid	Fenarimol	Azoxystrobin
Kupferhydroxid	Kupferhydroxid	Prohexadion	Paraffinöl
Glufosinat	Myclobutanil	Penconazol	Famoxadone
Fluquinconazol	Fluquinconazol	Captan	Spiroxamine
Myclobutanil	Spirodiclofen	Kupferoxychlorid	Metalaxyl
Spirodiclofen	Dimethomorph	Paraffinöl	Bacillus thuringiensis
Spiroxamine	Pyraclostrobin	Dodin	Pyrimethanil
Oxydemeton-methyl	Glufosinat	Chlorpyrifos	Penconazol
Tebufenozid	Fludioxonil	Difenoconazol	Kupferhydroxid
Fludioxonil	Metrafenone	Tolyfluanid	Granulosevirus
Dimethomorph	Pirimicarb	Thiacloprid	Metrafenone
Pyraclostrobin	Prohexadion	Fenoxycarb	Indoxacarb
Pirimicarb	<b>MCPA</b>	Myclobutanil	Trifloxystrobin
Metrafenone	Metalaxyl	Chlorantraniliprol	Flusilazol
Metalaxyl	Quinoxifen	Methoxyfenozide	Tebufenozid
Tebuconazol	Acetamiprid	Spirodiclofen	Cyazofamid
Prohexadion	Azoxystrobin	Acetamiprid	<b>MCPA</b>

Bezogen auf Dauerkulturen wurden insgesamt 56 Wirkstoffe eingesetzt und es treten im Vergleich zu den Ackerbaudaten andere Wirkstoffe in Erscheinung. Unter den ersten 35 Wirkstoffe ist bisher lediglich MCPA in Gewässern auffällig geworden. Einen hohen Anwendungsumfang erreichen Schwefel- und Kupferpräparate (Kupferhydroxid, Kupferoktanoat und Kupferoxychlorid).

Im statistischen Vergleich der aufgezeigten Ränge zwischen den Jahren (Tab. 14 und Tab. 15) zeigt sich, dass die Befunde der Jahre statistisch verschieden sind. Sowohl in Bezug auf

die Ackerbaukulturen als auch die Dauerkulturen bestanden keine Korrelation. Daher haben die Ergebnisse aus der Zusammenfassung der Jahre einen höheren Stellenwert als die Rangergebnisse der Einzeljahre. Somit macht es mehr Sinn, die Rangbildung auf Grundlage der PSM-Anwendungen mehrerer Jahre durchzuführen.

**Tab. 14. Matrix des Rangkorrelationskoeffizienten im Vergleich der Jahre bzw. in der Zusammenfassung aller Erhebungsjahre für Ackerbaukulturen**

Jahr	2008	2009	Alle Jahre
2007	0,147	-0,075	-0,039
2008		-0,018	-0,071
2009			-0,102

**Tab. 15. Matrix des Rangkorrelationskoeffizienten im Vergleich der Jahre bzw. in der Zusammenfassung aller Erhebungsjahre für Dauerkulturen /Obst- und Weinbau**

Jahr	2008	2009	Alle Jahre
2007	0,922	0,351	-0,057
2008		0,309	-0,120
2009			0,095

### 3.2.1.2 Rangbildung auf Grundlage des Verschnitts der betrieblich erhobenen Wirkstoffmengen mit den Statistikdaten der regionalen Anbaustrukturen

Tab. 16 zeigt die Rangfolge angewendeter Wirkstoffe (je ha und Fruchtart aufgewendete Wirkstoffmenge) in der Summe der Befunde aus den Jahren 2007 bis 2009 im Verschnitt mit den in den Regionen vorliegenden Anbaustrukturen. Dieses Verfahren ermöglicht, auch kleinräumigere Strukturen abzubilden. Neben den eigentlichen Agrarregionen des Landes erfolgte eine Hochrechnung der eingesetzten Wirkstoffe auf den Südlichen Teil der Agrarregion Börde und Übergangslagen (Burgenlandkreis hier Börde Süd) oder das Harzvorland. Die Daten zeigen eine gewisse Differenzierung in den sich ergebenden Rangfolgen der Wirkstoffe, allerdings sind die Unterschiede gering und liegen im statistischen Fehlerbereich, d.h. zwischen allen aufgeführten Regionen und der Zusammenfassung aller Regionen besteht eine enge Korrelation (Korrelationskoeffizient zwischen 0,92 und 0,98).

Aus den Befunden lässt sich Schlussfolgern, dass zwar die Mengen eingesetzter Pflanzenschutzmittel in den Regionen (insbesondere Börde von den anderen Gebieten wie

weiter vorn dargestellt) variieren wodurch jedoch das Verhältnis zwischen den Wirkstoffen wenig beeinflusst wird. Zudem dominiert in jeder Region, wenngleich in unterschiedlichem Grade, der Anbau von Getreide. In dieser Fruchtart eingesetzte Wirkstoffe dominieren demzufolge bei der Rangbildung. Damit sind diese Befunde realitätsnäher als die alleinige Ableitung der Rangbildung auf Grundlage der Wirkstoffmengen aus den Betriebsdaten (sie stellen lediglich eine Stichprobe dar)

**Tab. 16: Rangbildung für ausgewählte Regionen auf Grundlage der eingesetzten Wirkstoffmenge je ha und der Statistik der Anbaustrukturen im Land Sachsen-Anhalt (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun– Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)**

Harz	Wische	Heide	Börde_ Süd	Altmark	Harzvorland	Auen	Börde	alle Regionen
Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Isoproturon	Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid	Chlormequat-chlorid
Isoproturon	Isoproturon	Isoproturon	Isoproturon	Chlormequat-chlorid	Isoproturon	Isoproturon	Isoproturon	Isoproturon
Glyphosat								
Mecoprop-P	Metazachlor	Metazachlor	Mecoprop-P	Metazachlor	Mecoprop-P	Metazachlor	Mecoprop-P	Mecoprop-P
Tebuconazol	Mecoprop-P	Tebuconazol						
Spiroxamine	Tebuconazol	Mecoprop-P	Metazachlor	Mecoprop-P	Metazachlor	Mecoprop-P	Spiroxamine	Metazachlor
Metazachlor	Spiroxamine	Terbuthylazin	Spiroxamine	Terbuthylazin	Spiroxamine	Spiroxamine	Metazachlor	Spiroxamine
Chlorthalonil	Terbuthylazin	Spiroxamine	Chlorthalonil	Spiroxamine	Chlorthalonil	Chlorthalonil	Chlorthalonil	Chlorthalonil
Prochloraz	Fenpropimorph	Pendimethalin	Prochloraz	Pendimethalin	Prochloraz	Pendimethalin	Prochloraz	Fenpropimorph
Fenpropimorph	Chlorthalonil	Chlorthalonil	Fenpropimorph	Nicosulfuron	Fenpropimorph	Terbuthylazin	Fenpropimorph	Prochloraz
Prothioconazol	Paraffinöl	Fenpropimorph	Paraffinöl	Chlorthalonil	Paraffinöl	Fenpropimorph	Paraffinöl	Paraffinöl
Paraffinöl	Prochloraz	Dimethachlor	Prothioconazol	Dimethachlor	Prothioconazol	Prochloraz	Prothioconazol	Prothioconazol
Boscalid	Prothioconazol	Boscalid	Boscalid	Fenpropimorph	Boscalid	Boscalid	Boscalid	Boscalid
Fenpropidin	Boscalid	Prochloraz	Fenpropidin	Boscalid	Fenpropidin	Paraffinöl	Metamitron	Pendimethalin
Trinexapac	Pendimethalin	Paraffinöl	MCPA	Paraffinöl	MCPA	Dimethachlor	Fenpropidin	Terbuthylazin
Pendimethalin	Trinexapac	Nicosulfuron	Trinexapac	Prochloraz	Trinexapac	Prothioconazol	MCPA	Trinexapac
MCPA	Dimethachlor	Prothioconazol	Pendimethalin	S-Metolachlor	Pendimethalin	Diflufenican	Trinexapac	Fenpropidin
Diflufenican	Fenpropidin	Ethephon	Diflufenican	Ethephon	Epoxiconazol	Trinexapac	Pendimethalin	Diflufenican
Epoxiconazol	MCPA	Diflufenican	Metamitron	Diflufenican	Diflufenican	Ethephon	Diflufenican	MCPA
Propiconazol	Nicosulfuron	Trinexapac	Epoxiconazol	Prothioconazol	Propiconazol	Fenpropidin	Epoxiconazol	Dimethachlor
Metamitron	Diflufenican	S-Metolachlor	Propiconazol	Trinexapac	Amidosulfuron	MCPA	Propiconazol	Epoxiconazol
Amidosulfuron	Epoxiconazol	Fenpropidin	Amidosulfuron	Metamitron	Metamitron	Flurtamone	Amidosulfuron	Propiconazol
Flurtamone	Flurtamone	Trifluralin	Dimethachlor	Fenpropidin	Dimethachlor	Epoxiconazol	Terbuthylazin	Metamitron
Azoxystrobin	Ethephon	Flurtamone	Terbuthylazin	Flurtamone	Azoxystrobin	Nicosulfuron	Azoxystrobin	Amidosulfuron
Dimethachlor	Amidosulfuron	MCPA	Flurtamone	Trifluralin	Flurtamone	Trifluralin	Dimethachlor	Flurtamone
Tribenuron	S-Metolachlor	Epoxiconazol	Azoxystrobin	MCPA	Tribenuron	Propiconazol	Flurtamone	Azoxystrobin
Ethephon	Propiconazol	Azoxystrobin	Tribenuron	Epoxiconazol	Dichlorprop - P	Azoxystrobin	Tribenuron	Ethephon
Dichlorprop - P	Azoxystrobin	Propiconazol	Dichlorprop - P	Azoxystrobin	Dimethoat	S-Metolachlor	Dichlorprop - P	Trifluralin
Dimethoat	Trifluralin	Quinmerac	Ethephon	Propiconazol	Ethephon	Metamitron	Dimethoat	Tribenuron

Bericht: Ranking der Anwendung von PSM-Wirkstoffe in der Landwirtschaft Sachsen-Anhalts

Weiter Tab. 16

Harz	Wische	Heide	Börde _ Süd	Altmark	Harzvorland	Auen	Börde	alle Regionen
Terbuthylazin	Dimethoat	Metamitron	Dimethoat	Bromoxynil	Trifluralin	Amidosulfuron	Ethephon	Dichlorprop - P
Trifluralin	Quinmerac	Amidosulfuron	Trifluralin	Quinmerac	Terbuthylazin	Quinmerac	Trifluralin	Nicosulfuron
Trifloxystrobin	Bromoxynil	Bromoxynil	Trifloxystrobin	Amidosulfuron	Triadimenol	Tribenuron	Triadimenol	Dimethoat
Triadimenol	Bentazon	Clomazone	Quinmerac	Prosulfocarb	Trifloxystrobin	Dichlorprop - P	Trifloxystrobin	S-Metolachlor
Pyraclostrobin	Trifloxystrobin	Napropamid	Triadimenol	Clomazone	Pyraclostrobin	Clomazone	Bentazon	Quinmerac
Kresoxim-methyl	Pyraclostrobin	Tribenuron	Pyraclostrobin	Topramezone	Quinmerac	Napropamid	Pyraclostrobin	Bentazon

### 3.2.2 Ranking nach wirkstoffbezogenen Kriterien

Tab. 17 zeigt das Ergebnis der Rangbildung der erfassten Wirkstoffe auf Grundlage der Zuordnung ausgewählter chemisch-physikalischen Eigenschaften. Von Interesse ist, dass sich im Vergleich zu den über die Anwendung der Pflanzenschutzmittel ergebenden Ränge erhebliche Unterschiede zeigen. In der Natur der Sache liegt ebenfalls der erhebliche Unterschied im Vergleich der Rangbildung nach den ausgewählten Stoffeigenschaften. Es ergab sich kein statistischer Zusammenhang zwischen den ausgewiesenen Rangfolgen.

**Tab. 17: Rangbildung der Wirkstoffe auf Grundlage ausgewählter chemisch-physikalischer Eigenschaften (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)**

KOC- Wert	DT50 Boden	Wasserlöslichkeit	LC 50 Daphnia
Methamidophos	Deiquat	Ethephon	Esfenvalerate
Imazosulfuron	Kupferoxychlorid	Methamidophos	zeta-Cypermethrin
Aminopyralid	Schwefel	Propamocarb	alpha-Cypermethrin
Thifensulfuron	Flutriafol	Deiquat	Lambda-Cyhalothrin
Triasulfuron	Clothianidin	Clodinafop	Bifenthrin
Florasulam	Pendimethalin	Trinexapac	beta-Cyfluthrin
Dimethoat	Tebuconazol	Fosetyl	Deltamethrin
Tribenuron	Tetraconazole	Topramezone	Chlorpyrifos
Mecoprop-P	Epoconazol	Quinmerac	Pyraclostrobin
Sulfosulfuron	Myclobutanil	Chlormequat-chlorid	Pirimicarb
Amidosulfuron	Zinkphosphid	Propoxycarbazone	Methiocarb
Sulcotrion	Metconazol	Metalaxyl-M	Trifloxystrobin
Metribuzin	Napropamid	Iodosulfuron	Permethrin
Metsulfuron	Quinoxyfen	Dimethoat	Cyprodinil
Triflusulfuron	Azoxystrobin	Glufosinat	Kupferoxychlorid
Dichlorprop - P	Metrafenone	Glyphosat	Pendimethalin
Iodosulfuron	Flusilazol	Triflusulfuron	Quinoxyfen
Clodinafop	Boscalid	Metsulfuron	Methamidophos
Rimsulfuron	Topramezone	Clopyralid	Kresoxim-methyl
Triclopyr	Difenoconazol	Metalaxyl	Fluazinam
Bentazon	Trifloxystrobin	Triclopyr	Azoxystrobin
Fluroxypyr	Diuron	Dicamba	Carbendazim
Mesosulfuron	Trifluralin	Nicosulfuron	Quizalofop-P
Dimethachlor	Lambda-Cyhalothrin	Rimsulfuron	Chlorthalonil
Thiamethoxan	beta-Cyfluthrin	Fenoxaprop-P	Schwefel
MCPA	Prosulfuron	Florasulam	Dithianon
Foramsulfuron	Bifenthrin	Clethodim	Folpet
Mesotrione	Cyproconazol	Thiamethoxan	Chlorphacinon
Metamitron	Terbuthylazin	Prosulfuron	Desmedipham
Quinmerac	Diflufenican	Foramsulfuron	Fluoxastrobin
Captan	Prochloraz	Pirimicarb	Tebufenozid
Isoproturon	Propiconazol	Aminopyralid	Fenpropidin
Metazachlor	Flurtamone	Dimethachlor	Trifluralin
Ethofumesat	Pyrimethanil	Tribenuron	Fenoxycarb
Chlormequat-chlorid	Chlorphacinon	Prothioconazol	Mancozeb

### 3.2.3 Ranking nach Ähnlichkeit der Wirkstoffeigenschaften

In der Tab. 18 sind die Ergebnisse der Rangbildung der angewendeten Wirkstoffe dargestellt, wenn nach der Ähnlichkeit der Wirkstoffeigenschaften zu bereits auffällig gewordenen Wirkstoffen sortiert wird.

**Tab. 18: Rangbildung der Wirkstoffe auf Grundlage ihrer Ähnlichkeit in ausgewählten Wirkstoffeigenschaften zu Referenzwirkstoffen (Fenpropimorph, Bentazon, Isoproturon) (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)**

<b>Fenpropimorph</b>	<b>Bentazon</b>	<b>Isoproturon</b>
Fenpropimorph	Bentazon	Isoproturon
Dimethachlor	2,4 D	Iprodion
Aminopyralid	Metolachlor	Terbuthylazin
Trifloxystrobin	Dichlorprop - P	Metaldehyd
Prochloraz	Linuron	Kresoxim-methyl
Propaquizafop	Azoxystrobin	Flurtamone
Spiroxamine	Mefenpyr	Metosulam
Metamitron	Tebufenozid	Flufenacet
Flusilazol	Chloridazon	Dimoxystrobin
Tribenuron	Dicloran	Fluroxypyr
Fenoxycarb	S-Metolachlor	loxynil
Quizalofop-P	Metazachlor	Prohexadion
Sulfosulfuron	Triasulfuron	Dimethomorph
Tetraconazole	MCPA	Fenhexamid
Flupyrsulfuron	Pinoxaden	Carbendazim
Diflufenican	Thiaclopid	Triadimenol
Metconazol	Tepraloxydim	Metrafenone
Dimethenamid-p	Sulcotrion	Imazosulfuron
Epoxiconazol	Cyproconazol	Cyproconazol
Clomazone	Phenmedipham	Sulcotrion
Carfentrazone	Clothianidin	Tepraloxydim
Foramsulfuron	Fenhexamid	Thiophanat
Pirimicarb	Dimethomorph	Ethofumesat
Maneb	Prohexadion	Pinoxaden
Napropamid	Dimoxystrobin	Pyrimethanil
Propiconazol	Schwefel	Bromoxynil
Tebuconazol	Mecoprop-P	Tritosulfuron
Diuron	Boscalid	Metazachlor
Flutriafol	Flurtamone	Chloridazon
Mesotrione	Myclobutanil	Tebufenozid
Metribuzin	Cymoxanil	Mefenpyr
Dichlofluanid	Fluoxastrobin	Mesosulfuron
Fluoxastrobin	Isoproturon	Captan
Cymoxanil	Iprodion	Amidosulfuron
Myclobutanil	Terbuthylazin	2,4 D

Als Referenzwirkstoffe wurden die Wirkstoffe Fenpropimorph, Bentazon und Isoproturon herangezogen. Dabei treten natürlich die Referenzwirkstoffe an erster Stelle auf. Zwischen den Rangfolgen bestehen erhebliche Unterschiede, was auf eine hohe Selektivität dieses Ansatzes zur Rangbildung aufmerksam macht. Zudem treten auch bei dieser Rangbildung unter den ersten 35 Rängen Wirkstoffe auf, die bereits auffällig wurden. Dies macht es sinnvoll entsprechend differenzierende Ansätze der Rangbildung auch in einem zusammenfassenden Ranking zu berücksichtigen.

### **3.2.3 Kombination von Rangkriterien**

In der Methodenbeschreibung wurde darauf hingewiesen, dass eine Kombination unterschiedlicher Rangbildungskriterien nur im Zusammenhang mit detaillierten Zielstellungen des Rankings möglich sind. Als Auswahl wurde angenommen ein gezieltes Ranking in Hinsicht auf Gefahren für das Grund- und Oberflächenwasser bzw. der Gefahrenvorsorge für Wasserorganismen zu treffen. Entsprechend wurden die Kriterien für die Rangbildung variiert (siehe Methodik). Die Ergebnisse dieses Vorgehens bei der Rangbildung finden sich in der Tab. 19. Von Bedeutung ist, dass sich tatsächlich deutlich veränderte Ränge der Wirkstoffe herausstellen. In Bezug zur Zielsetzung „Grundwasserschutz“ zeigte sich eine sehr hohe Rangstellung bereits auffällig gewordener Wirkstoffe.

**Tab. 19: Rangbildung der Wirkstoffe auf Grundlage zusammenfassender Rangkriterien zur Rangbildung in Zusammenhang gezielter Fragestellungen zum Wasserschutz (Legende: Dunkelrot - Wirkstoff wurde im Grundwasser auffällig, hellrot – Wirkstoff wurde in Oberflächenwasser auffällig, Braun – Wirkstoff auffällig in Grund- und Oberflächenwasser)**

<b>Grundwasser</b>	<b>Oberflächenwasser</b>	<b>Organismen</b>
Isoproturon	Dimethachlor	Spiroxamine
Dichlorprop - P	Metamitron	Dimethachlor
Metazachlor	Spiroxamine	Pirimicarb
Bentazon	Tribenuron	Prochloraz
Prohexadion	Mecoprop-P	Clomazone
Amidosulfuron	Clomazone	Metamitron
Bromoxynil	Prochloraz	Prothioconazol
loxynil	MCPA	Fenpropimorph
Mecoprop-P	Tebuconazol	Fenpropidin
Pinoxaden	Metazachlor	Tebuconazol
Fluroxypyr	Propiconazol	Trifloxystrobin
MCPA	Fenpropimorph	Propiconazol
Ethofumesat	Prothioconazol	Flusilazol
Sulcotrion	Flupyrsulfuron	Mecoprop-P
Terbuthylazin	Dichlorprop - P	Metazachlor
Thiacloprid	Carfentrazone	Azoxystrobin
Flurtamone	S-Metolachlor	Carfentrazone
Kresoxim-methyl	Pirimicarb	Metconazol
Thiophanat	Bentazon	Tribenuron
Fenhexamid	Sulfosulfuron	Epoxiconazol
Thifensulfuron	Fenpropidin	Quizalofop-P
Captan	Flusilazol	S-Metolachlor
Mefenpyr	Epoxiconazol	MCPA
Metolachlor	Napropamid	Napropamid
Carbendazim	Metconazol	Boscalid
Azoxystrobin	Thiacloprid	Difenoconazol
2,4 D	Foramsulfuron	Dimethenamid-p
Chloridazon	Isoproturon	Bentazon
S-Metolachlor	Dimethenamid-p	Dichlorprop - P
Chlorthalonil	Boscalid	Schwefel
Mesotrione	Mesotrione	Linuron
Triadimenol	Trifloxystrobin	Sulfosulfuron
Linuron	Fluazifop-P	Fluazifop-P
Dimethomorph	Diflufenican	Thiacloprid
Cyproconazol	2,4 D	Kresoxim-methyl

### **3.2.4 Beurteilung der Treffgenauigkeit und Aussagesicherheit der methodischen Ansätze zur Rangbildung**

In der nachfolgenden Tab. 20 sind die Ergebnisse der für die Rangbildung durchgeführten Ansätze zusammenfassend dargestellt, wobei auch Rangbildungskriterien benannt sind, die vorstehend im Bericht nicht extra aufgeführt sind. Sie liegen als elektronische Dateien vor.

**Tab. 20: Treffgenauigkeit der Rangkriterien in Bezug zu im Jahr 2010 auffällig gewordenen Wirkstoffen (nur aktuell in der Anwendung befindliche Wirkstoffe)**

Kriterium der Rangbildung	Anzahl auffälliger Wirkstoffe im		Anmerkungen
	Grund- oder Oberflächenwasser	beides	
Anzahl Nennungen	5	1	Erfasst die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wirkstoff eingesetzt wird. Abgeleitet aus den Betriebsdaten
behandelte Fläche	2	0	Mit PSM – behandelte Fläche als Rangbildungskriterium. Abgeleitet aus den Betriebsdaten
Produktmenge	7	2	Menge der insgesamt je Fruchtart eingesetzten PSM. Abgeleitet aus den Betriebsdaten
Wirkstoffmenge	7	2	Menge der insgesamt je Fruchtart eingesetzten Wirkstoffe. Abgeleitet aus den Betriebsdaten
Regionsstruktur	8	2	Je Fruchtart eingesetzte Wirkstoffmenge (Betriebsdaten) im Verschnitt mit der Anbaustruktur der Regionen (Agrarstatistik)
K <sub>OC</sub> - Wert	5	1	Rangbildung nach Wirkstoffeigenschaft
DT50 Boden	3	1	Rangbildung nach Wirkstoffeigenschaft
Wasserlöslichkeit	0	0	Rangbildung nach Wirkstoffeigenschaft
LC 50 Daphnia	0	0	Rangbildung nach Wirkstoffeigenschaft
Fenpropimorph	1	1	Rangbildung nach Ähnlichkeit der Wirkstoffeigenschaften zu einem Referenzwirkstoff
Bentazon	6	0	Rangbildung nach Ähnlichkeit der Wirkstoffeigenschaften zu einem Referenzwirkstoff
Isoproturon	2	0	Rangbildung nach Ähnlichkeit der Wirkstoffeigenschaften zu einem Referenzwirkstoff
Grundwasser	7	1	Rangbildung nach kombinierten Kriterien
Oberflächenwasser	7	2	Rangbildung nach kombinierten Kriterien
Organismen	5	1	Rangbildung nach kombinierten Kriterien

Die Aussagesicherheit wurde vor allem über die Treffgenauigkeit definiert, mit der bereits auffällige Wirkstoffe in der Rangbildung an vorderer Stelle platziert werden. Als Grenze wurden 35 Rangplätze festgelegt, d.h. Platzierungen unterhalb dieser Grenze werden nicht mehr als Treffer angesehen. Insgesamt waren 10 Wirkstoffe auffällig. Die höchste Trefferzahl ergab sich bei Verschnitt betriebserhobener Daten mit statistischen Daten der regionalen Anbaustrukturen. Die dabei ermittelte Rangfolge korrelierte relativ stark mit Rangfolgen der Wirkstoffe, die auf Grundlage alleiniger betrieblicher Daten gewonnen wurden. Es ergeben sich ähnliche, aber schlechtere Aussagen. Daher dürfte eine Rangbildung unter Nutzung betrieblicher und regionaler Strukturdaten der beste methodische Ansatz sein evtl. problembehaftete Wirkstoffe aufzufinden.

Kriterien der Rangbildung nach der Ähnlichkeit von Wirkstoffeigenschaften sind in ihrer Bedeutung schwerer einzuschätzen, weil das Ziel der Rangbildung eher als Vorsorge

anzusehen ist und potenziell ähnliche Wirkstoffe als Referenz im Messprogramm fehlen. Es ist aber wahrscheinlich, dass auf diese Weise hervorgehobene Wirkstoffe am ehesten auffällig werden könnten, wenn sie in hohem Umfang eingesetzt werden.

Bei den kombinierten Rangkriterien (Grundwasser, Oberflächenwasser, Organismen) liegt ebenfalls eine hoher Trefferquote vor. Bei der Rangbildung mit Zielsetzung der Umsetzung des Vorsorgeprinzips wurden auch Wirkstoffe rangmäßig bedeutend erfasst, die ökotoxikologisch kritischer anzusehen sind (Pirimor, Azoxystrobin, Trifloxystrobin).

### **3.3 Zeitliche Verteilung der Wirkstoffapplikationen**

Tabelle 21 vermittelt eine Übersicht der Verteilung ausgewählter Wirkstoffe über die Vegetationszeit eines Jahres. Insgesamt zeigt sich, dass die Zeiten der Wirkstoffausbringung in den Regionen sehr identisch sind. Die meisten Wirkstoffe werden im Zeitraum April, Mai und Juni ausgebracht. Anwendungszweck (PSM-Gruppe) und Fruchtart definieren im wesentlichen einen spezifischeren Zeitpunkt. So liegt der Schwerpunkt der Anwendung herbizider Wirkstoffe im Getreide in den Monaten März und April und daran schließt sich die Anwendung von Wachstumsregulatoren und Fungiziden an. Sommerkulturen (Mais, Zuckerrübe, Kartoffeln) verschieben den Herbizideinsatz schwerpunktmäßig in den Monat Mai. In der Fruchtart Raps liegt der Schwerpunkt der Herbizidanwendung im Spätsommer / Herbst.

In diesem Zeitraum werden auch (ebenfalls für andere Fruchtarten relevante Wirkstoffe) Fungizide zur Wachstumsregulation eingesetzt (Tebuconazol) und Herbizide mit spezifischer Wirkung gegen Gräser als Unkräuter (Diflufenikan) werden ausgebracht.

Einen spezielleren Fall stellt der Einsatz des Wirkstoffes Glyphosat dar. Es handelt sich um ein Allroundherbizid welches oft in Zusammenhang mit pfluglosen Verfahren der Bodenbearbeitung (konservierende Bodenbearbeitung) angewendet wird. Der sonst mit dem Pflug hergestellte „reine Tisch“ (Unkrautfreiheit des Feldes) wird über den Einsatz dieses Herbizides realisiert. Dieser Sachverhalt ist wichtig, weil über Agrarumweltmaßnahmen (auch Schutz des Wassers zur Erreichung der Ziele der WRRL) konservierende Verfahren der Bodenbearbeitung in Sachsen-Anhalt gefördert werden.

**Tab. 21: Verteilung der Gaben ausgewählter Wirkstoffe im Verlauf der Vegetationszeit in Abhängigkeit von Wirkstoffgruppe und Fruchtart** (Die Wirkstoffe sind alphabetisch geordnet)

PSM-Gruppe	Wirkstoff	Fruchtart	Monat									
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	
H	Aclonifen	E										
H	Amidosulfuron	G										
F	Azoxystrobin	E, G										
H	Bentazon	G, M, E										
H	Boscalid	R, G										
H	Bromoxynil	M										
H	Chloridazon	Z										
W	Chlormequat-chlorid	G										
F	Chlorthalonil	G										
H	Dichlorprop-P	G										
H	Diflufenican	G										
H	Dimethachlor	R										
I	Dimethoat	aFA										
F	Epoxiconazol	G, Z und G										
W	Ethephon	G										
H	Ethofumesat	Z										
F	Fenpropidin	G										
F	Fenpropimorph	G										
H	Flufenacet	M, G										
F	Fluoxastrobin	G										
H	Fluroxypyr	G, M und Andere										
H	Flurtamone	G										
H	Flusilazol	Z										
H	Glyphosat	aFA										
H	Ioxynil	G, R										
H	Isoproturon	G										
F	Mancozeb	E, K										
H	MCPA	G und Andere										
H	Mecoprop-P	G										
W	Mepiquat	G										
H	Mesotrione	M										
H	Metamitron	Z										
H	Metazachlor	R										
H	Metconazol	R, G										
H	Napropamid	R, Reb										
H	Nicosulfuron	M										
H	Pendimethalin	Andere, G										
H	Pethoxamid	M										
I	Pyrimicarb	G										
F	Prochloraz	G, R										
H	Propoxycarbazone	G										
H	Prosulfocarb	K, G										
F	Prothioconazol	G										
F	Pyraclostrobin	G, Z,										
H	Quinmerac	R, Z										
H	S-Metolachlor	M										
F	Spiroxamine	G										
H	Sulcotrion	M										
F	Tebuconazol	G und E, R										
H	Terbuthylazin	M										
I	Thiacloprid	G, R, K und Andere										
H	Topramezone	M										
F, W	Triadimenol	G, R und Andere										
F	Trifloxystrobin	G										
W	Trinexapace-ethyl	G										

Legende:

H-Herbizid  
F-Fungizid  
I-Insektizid  
W-Wachstumsregulator

E - Erbse  
G-Getreide  
M-Mais  
Z-Zuckerrübe  
Reb-Weinrebe

R-Raps  
K-Kartoffeln  
aFA - alle Fruchtarten  
Andere: z.B. Öllein, Leguminosen, Gemüsekulturen

Ziel ist die Vermeidung von Bodenerosion und damit eine Verringerung der Verfrachtung von Pflanzennährstoffe in Oberflächengewässer. Für den Boden bzw. das Bodenleben ergeben sich aus diesem Verfahren Vorteile. Es verbessert sich die Aggregatstabilität, die Tragfähigkeit des Bodens (geringere Rückverfestigung) und der Regenwurmbesatz steigt. Insbesondere letzterer Faktor führt (über die Grabetätigkeit der Regenwürmer) zu einer erhöhten Wasseraufnahme der Böden. Daher sind mit dem Einsatz des Wirkstoffes ebenfalls positive ökologische Wirkungen verknüpft. Zumindest findet der Wirkstoff Glyphosat aus dargestellten Gründen zu sehr unterschiedlichen Vegetationszeitpunkten eine sehr breite Anwendung in der Landwirtschaft.

## **4. Diskussion der Befunde**

### **4.1 Einsatz von Pflanzenschutzmittel und Umfang der Wirkstofffunde**

Aus den Befunden werden Abhängigkeiten zu den einleitend aufgeführten Faktoren klarer, die den Einsatz von Pflanzenschutzmittel in der Landwirtschaft beeinflussen. Es zeigte sich, dass die landwirtschaftlichen Betriebstypen (Marktf Fruchtbetrieb oder Verbundbetrieb) den Pflanzenschutzmitteleinsatz je Fruchtart kaum beeinflussen. Es bestand eine hohe Variabilität des PSM – Einsatzes über beide Betriebstypen. Wahrscheinlich beeinflusst das Bodenbearbeitungsverfahren, d.h. der Einsatz des Pfluges oder die konsequente Anwendung konservierender Verfahren der Bodenbearbeitung (pfluglose Verfahren) die eingesetzte PSM – Menge stärker. Pfluglose Verfahren setzen einen umfangreicheren Herbizideinsatz voraus. Da Glyphosat einer der häufigsten Wirkstoffe im Ranking war, bestätigt sich diese Annahme. Der Wirkstoff wird zu diesem Zweck meistens eingesetzt.

Im regionalen Vergleich des Pflanzenschutzes zeigt sich, dass die je Applikation eingesetzte Mengen an Pflanzenschutzmittel sehr ähnlich sind. Damit ergeben sich Unterschiede in der Befruchtung der Regionen mit Pflanzenschutzmitteln und deren Wirkstoffe weniger aus unterschiedliche Strategien des PSM - Einsatzes der Betriebe als vielmehr aus den divergenten Anbaustrukturen der betrachteten Regionen. Sie prägen die regionale Menge eingesetzter Pflanzenschutzmittel, was z.B. auch durch die im Obst- und Weinbau eingesetzten Pflanzenschutzmittel sichtbar wird. Im relativ hohen Anwendungsumfang (im Vergleich zu den Ackerbaukulturen) von Pflanzenschutzmittel in diesen Dauerkulturen werden auch agrarpolitische Einflüsse sichtbar. In Sachsen-Anhalt nahmen bisher nahezu alle Obst- und Weinbaubetriebe an Agrarumweltmaßnahmen zur Anwendung integrierter Pflanzenschutzverfahren teil, was eine freie Mittelwahl für die Betriebe einschränkt. Der große Anwendungsumfang von Schwefel und das Auftreten biologischer Präparate hängt damit zusammen.

In Bezug auf die je Fruchtart applizierten Mengen an Pflanzenschutzmittel ist festzustellen, dass sie den normalen Anwendungsrahmen einer guten fachlichen Praxis nicht überschreiten. Sie liegen im Bereich der regelmäßig durchgeführten Pflanzenschutzmaßnahmen in einem Netz „Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz“ des Julius Kühn Institutes (Freier u.a. 2007).

In die Auswertung der Betriebsdaten waren alle Fruchtarten einbezogen und alle im Betrieb notierten Pflanzenschutzmittel fanden Eingang in die Datenbank. Dieser Sachverhalt förderte in gewissem Rahmen die Inkonsistenz der erhobenen Betriebsdaten und erschwert eine genaue Berechnung der in den Kulturen verwendeten Pflanzenschutzmittelmenge. Auf der anderen Seite wurden dadurch Wirkstoffe erfasst, die z.B. in Beizmitteln, Köder oder Rodentiziden Verwendung finden. Neben der hohen Anzahl untersuchter Betrieb ist letzteres der Hauptgrund für die Erfassung von mehr als 200 Wirkstoffen.

## **4.2. Methodischer Ansatz**

Die Anwendung von chemischen Wirkstoffen in der Landwirtschaft wird methodisch oft über den Verkauf von Pflanzenschutzmittel ermittelt und daraus ein Ranking der Top ten Wirkstoffe abgeleitet. Es beruht auf der Biozid-Meldeverordnung, die seit Mai 2005 in Kraft gesetzt ist. Dieser Ansatz lässt einige Fragen zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln offen, er wird wegen fehlender Alternativen in der Verfügbarkeit anderer Datenquellen jedoch oft beschränkt und ein allgemein gültiger bzw. breiter angewendeter Ansatz für ein Ranking von PSM-Wirkstoffen fehlt bisher. Neben der Tatsache, dass Verkaufsdaten oft auch unvollständig sind, sind Analysen zur Wirkstoffverteilung in der Fläche bzw. in der Befruchtung der Agrarregionen schwer durchzuführen und eine Ursachenforschung bei auftretenden Problemen ist erschwert.

Der im Bericht vorgestellte Ansatz zur Durchführung eines Wirkstoffranking weicht von diesem Ansatz ab, weil das Screening auf der Grundlage von Betriebsdaten zur Anwendung von Pflanzenschutzmitteln erfolgte. Insgesamt gingen mehr als 40.000 Datensätze in die Analysen ein, weshalb von einer gesicherten Datenbasis für die Rangbildung der Anwendung von PSM-Wirkstoffen ausgegangen werden kann.

Auf diesem Weg wurde es auch möglich, dass Rangfolgen des Einsatzes von Pflanzenschutzmittel bzw. deren Wirkstoffe nach unterschiedlichen Ordnungskriterien gebildet wurden, welche sich letztlich auch verknüpfen lassen. Damit könnte das Ranking auf unterschiedliche Fragestellungen besser zugeschnitten werden. Wesentlicher Sachverhalt ist, dass standort- und betriebsbezogene Daten der Anwendung von Pflanzenschutzmittel und damit auch der Wirkstoffe mit Wirkeigenschaften, der Ähnlichkeit der Wirkstoffe mit bereits auffälligen Wirkstoffen in Einklang gebracht wurden. Damit wird letztlich auch ein Rankingverfahren in Kombination mehrerer Rangkriterien möglich. Dies dürfte besonders

wichtig sein, um im Rahmen einer Umweltvorsorge evtl. problematische Wirkstoffe vorausschauend in das Gewässermonitoring einzubeziehen. In dieser Frage ist der vorgestellte methodische Ansatz sicher noch nicht komplett. Er zeichnet aber einen gangbaren Wege vor und zeigt in Hinsicht auf das Gewässermonitoring zur Einhaltung der Qualitätsnormen für das Grund- und Oberflächenwasser eine sehr hohe Treffgenauigkeit. Darüber hinaus bildet die erarbeitete Datengrundlage einen breiten Raum für die Erweiterung potenzieller Kriterien der Rangbildung. So können weitere Wirkstoffeigenschaften in Abhängigkeit von zu bearbeitenden Fragestellungen in die Rangbildung einbezogen werden. Denkbar wäre folgendes:

Eine stärkere Beachtung potenzieller relevanter Metabolite der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, weil für diese ebenfalls die Qualitätsnorm wie für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (0,1 µg/ l) gilt. Dazu müssten die zusätzlichen Informationen für die relevanten Wirkstoffe erfasst werden. Grundlage für die Einstufung der Relevanz ist die Ratsdirektive 91/414/EEC der EU-Kommission. Für die im Bericht angesprochenen auffälligen Wirkstoffe (Metazachlor, Metolachlor) gibt es z.B. relevante Metabolite. Das damit verbundene Ziel ist eine Verbesserung der Zulassungsbedingungen von Pflanzenschutzmitteln und eine weitere Reduktion der Qualitätsnormüberschreitungen im Grundwasser. Insgesamt ist die Grundwasserbelastung in Deutschland von 9,7 % der Messstellen im Zeitraum 1990 – 1995 auf 4,6 % der Messstellen im Zeitraum 2006 – 2008 zurückgegangen (LAWA, 2010) und ein vorausschauendes Monitoring ist zur Absicherung dieser Tendenz unabdingbar.

Eine weitere Baustelle liegt in der Umsetzung des Vorsorgegedankens mit Blick auf belebte Schutzgüter, hier besonders aquatischer Organismen. In diesem Bereich liegen durch die Arbeitsgruppe Liess am UFZ (Liess u. Ohe, 2005) verschiedene Untersuchungen und Erfahrungen vor. Sie betreffen die Beschreibung der Auswirkungen von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen auf Artengemeinschaften und die Ermittlung von „Ökotoxpotenzialen“ auf Grundlage der LC 50 – Werte für Wasserorganismen (Wasserfloh, Algen, Fisch). Einige als kritisch einzuschätzende Wirkstoffe, wie Pirimor, Trifloxystrobin und Azoxystrobin wurden im vorstehenden kombinierten Ranking mit der Zielsetzung „Organismen“ ebenfalls detektiert, hier sind jedoch weitere Verbesserungen der Vorhersagesicherheit möglich.

Insgesamt haben die gewonnenen Ergebnisse den methodischen Weg der Ableitung eines weitgehend treffgenauen Rangbildungssystems bestätigt und es ergeben sich weitere begleitende Informationen für ein effizientes Wirkstoffscreening.

## **5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen für das Gewässermonitoring**

Der Bericht zeigt, dass der beschrittene Weg für ein Screening der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe gangbar ist. Neben den praktischen und methodischen

Erfahrungen für die Umsetzung eines dem Monitoring vorgeschalteten Screening können über betriebliche Pflanzenschutzdaten und die Anbaustrukturen der landwirtschaftlichen Regionen notwendigen Daten und zusätzliche begleitende Informationen abgeleitet werden. Damit ergeben sich nicht allein Datengrundlagen für ein Ranking der verwendeten PSM-Wirkstoffe, sondern es lassen sich auch Informationen über die regionale Intensität der Wirkstoffanwendung (Menge des Wirkstoffeintrages / ha) ableiten und Bezüge zu bereits im Monitoring auffälligen Wirkstoffen ( Anlage Tab. A1 und A2) hergestellt werden.

## **5.1 Regionale Intensität der PSM - Anwendung**

Die statistische Bewertung der Wirkstoffränge zwischen den Regionen auf Basis der Anbaustrukturen ergaben lediglich unerhebliche Unterschiede im Einsatz der verfügbaren Wirkstoffe. Dieser Sachverhalt zeigt, dass die regional eingesetzten Wirkstoffe vor allem über die Anbaustruktur der Fruchtarten bestimmt wird. Denn, wenngleich graduell differenziert, dominiert in allen Agrarregionen der Getreideanbau und damit die in Getreidekulturen eingesetzten Wirkstoffe. Allerdings waren im Vergleich der betrachteten Regionen die eingesetzten PSM-Mengen teilweise unterschiedlich. So für die Börde und die Wische im Vergleich zu den anderen Regionen. Für sie wurden höhere PSM - Mengen ausgewiesen (Tab. 9 und 10, sowie Abb. 9 und Abb. 10). Dieser Sachverhalt hat für die Ausrichtung des Monitorings zur Folge, dass eine Notwendigkeit der Differenzierung zu erfassender Wirkstoffe nicht besteht. Auf der anderen Seite könnten bei höheren Einsatzmengen der Wirkstoffe potenziell wachsende Gefahren für die chemische Wasserqualität entstehen. Jedoch besteht in dieser Hinsicht keine eindimensionale Ursache-Wirkung-Beziehung. So werden in der Börde zwar erheblich mehr Pflanzenschutzmittel eingesetzt als in der Agrarregion Altmark und Vorfläming sowie in Heidegebieten, allerdings verhindert die höhere Sorptionskraft der besseren Böden und der geringe Niederschlag in der Börde weitgehend eine Belastung des Grundwassers mit PSM-Wirkstoffen. Somit stellen die höheren Wirkstoffaufwendungen in erster Linie potenzielle Gefahren für Oberflächengewässer dar. Allerdings auch nur dann, wenn grob fahrlässig gegen Abstandsaufgaben verstoßen wird oder Drainagen Wasser direkt von den Feldern abführen.

Auch der Umkehrschluss, dass sich in den Agrarregionen mit verringerten PSM – Einsatz die Gefährdung der Wasserqualität verringern könnte, ist nicht zu bestätigen. Es handelt sich im Regelfall um Anbaustandorte mit leichteren Böden und um Gebiete eher außerhalb des Regenschattengebietes des Harzes. Diese Böden werden eher durchspült und der geringere Anteil organischer Substanz (Humus) verhindert nicht die Wirkstoffverfrachtung in tiefere Bodenschichten. Durch diese Standortfaktoren bestehen auch bei Einhaltung einer guten fachlichen Praxis in der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln u.U. potenzielle

Gefahren für das Grundwasser. Vorsorge für das Grundwasser sollte in diesen Gebieten Priorität haben.

Vom durchschnittlichen PSM – Einsatz in den Agrarregionen unabhängig, ist der Pflanzenschutzmitteleinsatz in Dauer- bzw. auch Sonderkulturen. Die Analysedaten zeigen sehr deutliche Verschiebungen im Spektrum der verwendeten Wirkstoffe. So treten herbizide Wirkstoffe in Relation zu den insgesamt angewendeten Wirkstoffmengen zurück. Im Wesentlichen werden fungizide Wirkstoffe angewendet, wobei Schwefel- und auch Kupferpräparate sowie Öle einen höheren Anteil haben.

## **5.2 Ausrichtung des Monitorings**

Nach Planungsstand Ende 2009 sollen 36 Wirkstoffe bzw. deren Metabolite im Grundwasser und 48 Wirkstoffe und Metabolite im Oberflächenwasser in das Monitoring des LHW einbezogen werden. Diese Wirkstoffe überschneiden sich teilweise und letztthin sind es 24 Wirkstoffe mit aktueller Bedeutung. Dabei handelt es sich um Wirkstoffe die mit Stand Juli 2008 in zugelassenen Pflanzenschutzmittel vorkamen und die meist auch noch gegenwärtig (Stand Juli 2010) mit Pflanzenschutzmitteln gehandelt werden. Die Tab. 22 vermittelt einen Einblick zum Vorkommen dieser Wirkstoffe im gegenwärtigen PSM – Angebot und zu Veränderungen in der Zulassung von Produkten mit diesen Wirkstoffen Auffällig sind große Unterschiede der Wirkstoffnutzung über die Präparate. So kommen die Wirkstoffe 2,4, D (Herbizid) und Dimethoat (Insektizid) häufig in Präparaten vor (70 bzw. 34 Präparate). Allerdings haben die meisten dieser Präparate einen geringen Bezug zur Landwirtschaft. Zulassungen betreffen vorwiegend den Haus- und Gartenbereich. Sie sind in dem vorstehenden Ranking daher auch nicht auffällig. Das vorgesehene Monitoring erfasst allerdings auch 18 Wirkstoffe die aus unterschiedlichen Gründen im Ranking unter Beachtung der Anbaustrukturen und weiterer Ordnungskriterien auffällig wurden (Rangstellung Platz 1 – 35),. Ein Wirkstoff (Pirimor) wird im Ranking auffällig, wenn man seine toxikologischen Eigenschaften (LC50 Daphnia) bei der Rangbildung mit berücksichtigt. Damit ist dieser Wirkstoff für die Einhaltung (Kontrolle) von Wasserqualitätsnormen eher unwichtig. Er kann aber als Indikator zur Beurteilung der Belastung (oder Gefahrenabwehr bei) aquatischen Lebensräumen herangezogen werden.

Für den Wirkstoff Glyphosat zeigt sich ein sehr hoher Anwendungsumfang. Unter Berücksichtigung von Wirkeigenschaften ( $K_{OC}$  – Wert,  $LD_{50}$ , Wasserlöslichkeit) ergeben sich allerdings weniger auffällige Rangstellungen des Wirkstoffes. In Normalsituationen dürfte Glyphosat für die Gefährdung von Wasserqualitätsnormen weniger bedeutend sein.

**Tab. 22: Auflistung der im Monitoring erfassten aktuellen Wirkstoffe, deren Vorkommen in Präparaten, Rangstellung nach ausgewählten Ordnungskriterien und weiteren Hinweisen zur Bedeutungseinschätzung (für hervorgehobene Wirkstoffe ergaben sich 2009 Qualitätsnormüberschreitungen in Grund- bzw. Oberflächenwasser)**

Wirkstoff	Präparate 2009	Präparate 2010	Ranking*	Anmerkung
2,4-D	60	70	A - 75 G - 27 O - 35	Produkte hauptsächlich Garten und Hausbereich (Rasen), Zunahme der Präparateanzahl
<b>Bentazon</b>	4	4	A - 35 G - 4 O - 19	Leicht auffällig auf allen Standorten durch Menge und Häufigkeit, Anwendung geht zurück
Chlortoluron	2	5	A - 96 G - 114 O - 143	Zunächst Zulassung für Wintergerste, Zulassungserweiterung für alle Wintergetreidearten. Anwendungsmenge wahrscheinlich steigend
Chlorpyrifos	2	2	A - 83 G - 138 O - 137	Zulassungen für Gartenbereich (Ameisen) und Gemüse (Gemüsefliegen), eine Zunahme der Anwendung ist nicht anzunehmen
Desethyl-terbutylazin				Metabolit des Terbutylazin
<b>Dichlorprop-P</b>	7	6	A - 30 G - 2 O - 15	Weiter Anwendungsumfang in Sommer- und Wintergetreidearten, auch auffällig durch hohe DT 50 (Boden), auch Kombination mit Bentazon
<b>Diflufenican</b>	13	12	A - 18 G - 97 O - 34	auffällig auf allen Standorten, Anwendung in allen Wintergetreidearten
Dimethoat	33	34	A - 32 G - 53 O - 58	Zulassung für nahezu alle Ackerbau- und Gemüsekulturen und im Kleingarteneinsatz, Einsatz u.U. weiter zunehmend
Dimefuron	13	keine	Tritt als Wirkstoff nicht auf	Aktuell keine Zulassung in Deutschland mehr
Epoxiconazol	12	13	A - 21 G - 70 O - 23	auffällig durch DT 50, sehr breite Anwendung in Getreide, weniger in Zuckerrübe
Esfenvalerat	1	1	A - 117 G - 137 O - 155	Als Insektizid in Ackerbaukulturen (Getreide, Raps, Kartoffel), jedoch geringe Anwendungshäufigkeit
<b>Fenpropi-morph</b>	8	8	A - 9 G - 75 O - 12	Sehr breite Anwendung in allen Getreidearten
Flusilazol	3	3	A - 53 G - 111 O - 22	Auffällig insbesondere DT 50 (Boden), breite Anwendung in Getreide und Raps, weniger in Zuckerrübe
Glyphosat	42	63	A - 3 G - 113 O - 42	Als „Allroundherbizid“ sehr breite Anwendung in allen Bereichen, Zunahme der Produkte mit Glyphosat als Wirkstoff

weiter Tab. 22

<b>Isoproturon</b>	10	8	A - 2 G - 1 O - 28	Sehr breite Anwendung in allen Getreidearten
<b>MCPA</b>	18	24	A -19 G -12 O - 8	Breite Anwendung in allen Getreidearten, Zunahme der Präparate für den Haus- und Gartenbereich
Mecoprop	19	17	A - 4 G - 9 O - 5	Breite Anwendung in allen Getreidearten sowie Grünland, ebenfalls Rasenpflege im Haus- und Gartenbereich
Metalaxyl	6	7	A -152 G - 146 O - 131	Anwendung in Raps, aber hauptsächlich in Gemüse und Sonderkulturen, Wirkstoff eher auffällig durch seine Wasserlöslichkeit
<b>Metazachlor</b>	4	6	A - 6 G - 3 O - 10	sehr breite Anwendung in Raps und in Gemüse sowie Sonderkulturen
S - Metolachlor	3	3	A - 33 G - 29 O - 17	Anwendung in Mais und Leguminosen (Lupine), Anwendungsumfang dürfte sich nicht erheblich ändern
Pirimicarb	1	1	A - 76 G -117 O - 18	Wirkstoff wird auffällig in Bezug zur Gefährdung aquatischer Organismen (Rang-Nr. 3 nach benanntem Ordnungskriterium)
Tebuconazol	12	14	A - 5 G - 55 O - 9	Sehr breite Anwendung in Getreide und Raps sowie Rasenpflege und Zierpflanzen
Terbuthylazin	12	13	A -15 G - 15 O - 37	Sehr häufige Anwendung im Mais, auch Zulassung für Leguminosen
Zoxamide	1	1	A - 183 G - 189 O - 187	Zulassung für Kartoffel und Wein, in landwirtschaftlich geprägten Regionen unbedeutend

Legende: A – Rangbildung unter Berücksichtigung der Wirkstoffmenge (g/ha) und Anbaustruktur (Regionsstruktur), G – Rangbildung nach „Grundwasser“ (Gesamtbetrachtung der Kriterien Regionsstruktur,  $K_{OC}$  – Wert und  $DT_{50}$  Boden), O – Rangbildung nach „Oberflächenwasser“ (Gesamtbetrachtung der Kriterien Regionsstruktur und Wasserlöslichkeit)

Für weitere Wirkstoffe der Tab. 22 gibt es nach allen aufgeführten Rangbildungskriterien ungünstige Aussagen. Das trifft z.B. die Wirkstoffe MCPA, Isoproturon, Metazachlor und Mecoprop. Letzthin sind diese Wirkstoffe bei Wasseranalysen bereits auch auffällig geworden. Nach Anwendungshäufigkeit und den berücksichtigten Wirkstoffeigenschaften ist die Einbeziehung des Wirkstoffes Mecoprop in das Monitoringprogramm sehr sinnvoll.

Weitere Wirkstoffe werden nach den gewählten Rangkriterien in Bezug zu einer potenziellen Wassergefährdung unterschiedlich beurteilt. Das trifft z.B. zu für Fenpropimorph, Diflufenican, Epoxiconazol und Tebuconazol. Aus der unterschiedlichen Einstufung geht hervor, dass diese Wirkstoffe eher im Monitoring der Oberflächengewässer berücksichtigt werden sollten. Dies wird durch die im Jahr 2009 durchgeführten Messungen auch weitgehend bestätigt. Für den Wirkstoff Diflufenican ergaben sich trotz hinterer Rangstellung (G – 97, in Tab. 22) Funde im Grundwasser.

Für die in das Monitoring einbezogenen Wirkstoffe Chlorpyrifos, Chlortoluron, Esfenvalerat, Metalxyl und Zoxamide sind nach den Rangergebnissen Beeinträchtigungen des Grund- und Oberflächenwassers weitgehend unwahrscheinlich.

Der Wirkstoff Dimefuron trat in den Erhebungen nicht auf. Er wird in einzelnen Ländern Europas als Herbizid in Raps und Leguminosen (Erbsen) eingesetzt. Gegenwärtig besteht in Deutschland keine Zulassung. Desethylterbutylazin ist als Metabolit analog dem Wirkstoffe Terbutylazin zu werten.

Im Vergleich der in das Monitoring einbezogenen Wirkstoffe mit dem Ranking der in der Landwirtschaft unter Berücksichtigung der Anbausstrukturen angewendeten Wirkstoffe zeigen sich allerdings auch Fehlstellen. Als Beispiele (Auswahl bis Rang-Nr. 25, Tab. 16) sollen nachfolgende Wirkstoffe benannt werden:

- Wachstumsregulatoren: Chlormequat-chlorid und Trinexpac (Anwendung in Getreide),
- Fungizide: Chlorthalonil, Prochloraz Fenpropidin und Propiconazol (Anwendung in Getreide),
- Spiroxamine (Anwendung in Getreide und Wein), Azoxystrobin (Anwendung in Getreide, Wein und Leguminosen),
- Prothioconazol (Anwendung in Winterweizen und Winterraps), Boscalid (Anwendung in Winterraps),
- Herbizide: Pendimethalin und Amidosulfuron (Anwendung in Getreide), Dimethachlor (Anwendung in Winterraps), Metamitron (Anwendung in Zuckerrübe),

Die aufgeführten 14 Wirkstoffe werden auf Grund ihrer Anwendungshäufigkeit im Ranking auffällig. Berücksichtigt man neben der Anwendungshäufigkeit bei der Rangbildung auch die Wirkstoffeigenschaften (hier  $K_{OC}$  – Wert,  $LD_{50}$  und Wasserlöslichkeit) verdichten sich Empfehlungen für ein Monitoring (zusätzlich zu den genannten Stoffen in Tab. 22) auf die Wirkstoffe

Amidosulfuron, Dimethachlor, Fenpropidin, Metamitron, Prochloraz, Propiconazol,  
Prothioconazol und Spiroxamine (vergl. Tab. 16 und 19).

Durch ihre Wirkstoffeigenschaften werden zusätzlich der insektizide Wirkstoff Thiacloprid (Anwendung in Raps, Getreide, Sonder- und Dauerkulturen) sowie der herbizide Wirkstoff Flurtamone (Anwendung in Wintergetreide) in ihrer Rangstellung hervorgehoben.

Diese genannten Wirkstoffe könnten für ein stärker zielgerichtetes Monitoring der Oberflächen- bzw. des Grundwassers bedeutend sein (vergl. Tab. 16 und 19).

Für die Ausrichtung des Monitorings sind neben der aus dem Ranking abgeleiteten Empfehlung jedoch auch sachlich – fachliche Kriterien entscheidend. Wie z.B. für Diflufenican angemerkt, wurde der Wirkstoff entgegen den Aussagen des Ranking (Rang-Nr. 97 bei der Beurteilung der Grundwassergefährdung) auch durch einen Fund im Grundwasser unterhalb der geltenden Qualitätsnorm von 0,1 µg/l auffällig (LHW, 2010a), wengleich sich die Mehrzahl der Nachweise auf Oberflächengewässer an drei Standorten beziehen (LHW, 2010b). Damit bestätigen sich die Ergebnisse im Ranking nicht in jedem Fall, bzw. es sind für die Ausrichtung des Monitoring weitere plausible Datengrundlagen heranzuziehen. Abgesehen von Erfahrungen anderer Bundesländer (LAWA, 2010) mit PSM-Wirkstoffunden in Grund- und Oberflächengewässern, kann hierbei die Anwendung spezifischer Rangbildungskriterien sehr hilfreich sein. Das im Bericht dargestellte Beispiel der Auswahl in das Monitoring einzubeziehender Wirkstoffe nach ihrer Ähnlichkeit zu bereits (evtl. auch regional) auffällig gewordenen Wirkstoffen könnte z.B. eine Möglichkeit in der Umsetzung des Vorsorgeprinzips zum Erhalt der Wasserqualität sein.

### **5.3 Weitere Empfehlungen für eine methodische Umsetzung des Screening**

Für die weitere Ausrichtung und Absicherung des Gewässermonitorings durch ein vorausgehendes Screening relevanter Pflanzenschutzmittelwirkstoffe stellen sich im wesentlichen die nachfolgend zu beantwortenden Frage.

*Welche Stichprobengröße (Betriebsanzahl) wird zur Erfassung der rangwichtigsten Wirkstoffe benötigt?*

Die Abb. 5 und Abb. 6 vermitteln Hinweise auf die Beantwortung dieser Frage. Danach wurden bei der Aufnahme von ca. 7 – 8 landwirtschaftlichen Betrieben ca. 95 Wirkstoffe aufgenommen. Bei Dauerkulturen wurden mit 4 Aufnahmen ca. 46 Wirkstoffe erfasst. Wengleich diese Wirkstoffanzahl erheblich von den über 200 erfassten Wirkstoffen dieser Studie abweicht, ergaben sich auch im Vergleich zu den Befunden der Vorstudie 2009 keine großen Abweichungen in der Erfassung der rangwichtigsten bzw. auffälligen Wirkstoffe, d.h. wenn es um die Erfassung der ca. 30 – 40 in der Anwendung wichtigsten Wirkstoffe geht sind ca. 7 – 8 Betriebe ausreichend.

*Ist die Anwendung von PSM – Wirkstoffen in Menge und Art des Wirkstoffes in den Jahren deutlich verschieden oder nicht?*

Diese Frage ist schwieriger zu beantworten. Die Erfassung der Pflanzenschutzmaßnahmen der Jahre 2007 – 2009 hatte zunächst den Hintergrund evtl. Veränderungen im Wirkstoffspektrum über diesen Zeitraum zu erfassen. Die erarbeitete Datenbasis ist dafür aber ungeeignet, weil die Pflanzenschutzmaßnahmen zwischen den Betrieben und auch

zwischen den Jahren unterschiedlich dokumentiert sind. Das betrifft z.B. die Zuordnung von Rodentiziden zu den Fruchtarten oder die Erfassung der Beizmittel. Letztere sind bei Zukauf von Saatgut nicht zwingend dokumentiert. In den Rangkorrelationen zeigten sich größere Differenzen zwischen den Jahren, die eher auf die angesprochenen Unzulänglichkeiten zurückzuführen sind. Die Erfassung von drei Anbaujahren stellt damit die Gesamtaussage des Ranking auf eine sichere Datenbasis.

*Wie ist die Betriebsauswahl zu gestalten?*

Es ergaben sich keine gesicherten Unterschiede in der Anwendung der Pflanzenschutzmittel zwischen den Betriebstypen (Markt- bzw. Verbundbetrieb). Daher ist keine gezielte Auswahl notwendig. Für eine Gesamterfassung angewendeter Wirkstoffe ist die Hinzuziehung von Obst- bzw. Weinbaubetrieben sinnvoll.

*Ist die Anwendung von PSM und PSM – Wirkstoffen in Menge und Art des Wirkstoffes in den Agrarregionen verschieden oder nicht?*

Die Erhebungen zeigten, dass die Menge eingesetzter Pflanzenschutzmittel zumindest zwischen den Agrarregionen der Börde, Wische und den weiteren Regionen differenziert sind. Diese Differenzierung zeigt sich jedoch nicht bzw. nur unwesentlich im Ranking der Wirkstoffe. Eine so starke regionale Differenzierung der Datenaufnahme ist somit nicht zwingend notwendig.

*Welche Bedeutung hat die Anbaustruktur landwirtschaftlicher Fruchtarten für die Anwendung von PSM-Wirkstoffen?*

Die Anbaustrukturen der Regionen prägen sehr entscheidend die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und damit auch der Wirkstoffe. Dieser Einfluss kann durch Strukturdaten der landwirtschaftlichen Anbaustatistik abgebildet werden, wodurch „verschobene“ Fruchtartenrelationen bei der Aufnahme relativ weniger Betriebsdaten korrigiert werden.

*Zeitrhythmus der Aufnahmen*

Es ist davon auszugehen, dass im Regelfall ein Zeitrhythmus von fünf Jahren für die Erfassung von Daten für ein erneutes Screening der Wirkstoffe ausreichend ist, wenn das Gewässermonitoring pflanzenschutzfachlich begleitet wird. Wichtig ist die Erfassung des Zulassungsablaufs von Wirkstoffen (insbesondere für Oberflächengewässer und die Umweltvorsorge) oder Änderungen in den Anwendungsbedingungen.

## Literatur und herangezogene Arbeitsquellen

Akkan, Z., H. Flaig und K.-H. Ballschmiter (2002): Pflanzenschutz –und Schädlingsbekämpfungsmittel in der Umwelt. E. Schmidt Verlag .

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2007): Metabolite von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen im Grundwasser. Arbeitspapier.

Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (2009): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in de Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse der Meldungen gemäß § 19 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2009

Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser/LAWA (2010): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit – Pflanzenschutzmittel -. Kulturgut Verlags GmbH.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1996): Risikominderungen bei Pflanzenschutzmitteln in Deutschland.

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2008). Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

Freier,B., B. Pallutt, M. Jahn, J. Sellmann, V. Gutsche und W. Zornbach (2008): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz Jahresbericht 2007. Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen

FOOTPRINT: creating tools for pesticide risk assessment and management in Europe. Footprint pesticide database: [www.eu-footprint.org/](http://www.eu-footprint.org/)

Geiges, M., J. Kiefer und D. Betting (2008): Verlagerungs- und Abbauverhalten ausgewählter Sulfonylharnstoff-Herbizide im Boden. Grundwasserdatenbank Wasserversorgung

LHW (2010a): PSM- Belastungen im Grundwasser von Sachsen-Anhalt, Arbeitsblatt vom 24.06.10 (unveröffentlicht)

LHW (2010b): Auffällige PSM-Befunde in Oberflächengewässern. Datenbank mit Stand 16.02.2010 (unveröffentlicht)

Liess, M., und P. C. von der Ohe (2005): Analyzing Effects of Pesticides on invertebrate Communities in Streams. Environmental Toxicology and Chemistry, Vol. 24, No. 4, pp. 954–965.

Linke, I., B. Hanisch und W. Kratz (2007): Sachstandbericht zur Auswahl prioritär zu analysierender Pflanzenschutzmittel- und Arzneimittelwirkstoffe im Grund- und Trinkwasser. Arbeitspapier.

Lorenz, R. J. (1992): Biometrie – Grundbegriffe der Biometrie. 3. Auflage. Gustav Fischer Verlag Stuttgart – Jena.

MacArthur, R.H., 1965: Patterns of species diversity. Biological Review 40, 510-533. Poole, R.W., 1974: An introduction to quantitative ecology. McGraw-Hill.Inc.New York, S. 532.

McCall, P.J., Swann, R., Lasskowski, D., Unger, S., Vrona, S. und H. Dishburger (1980): Estimation of Chemical Mobility in Soil from Liquid Chromatographic. Retention Times: Bull. Environ. Contam. Toxicol. 24. 190 – 195.

Verordnung über die Meldung von Biozid-Produkten nach dem Chemikaliengesetz (Biozid-Meldeverordnung –ChemBiozidMeldeV) vom 24. Mai 2005, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2005 Teil I Nr. 29, ausgegeben zu Bonn am 27. Mai 2005

## Anlagen zum Bericht

Tab. A1: Im Jahr 2009 in Sachsen-Anhalt auffällig gewordene PSM- Wirkstoffe bzw. Metabolite im Grundwasser und höchster Einzelsubstanz-Messwert (Quelle: LHW, 2010a, aktuell zugelassene Wirkstoffe sind fett hervorgehoben)

Wirkstoff/ Metabolit	Anzahl der Messstellen höchster Einzelsubstanz-Messwert				Belastungs- grad (%)
	insgesamt untersucht	Nachgewie- sen bis 0,1 µg/l	> 0,1 bis 1,0 µg/l	> 1,0 µg/l	
<b>Bentazon</b>	205	13	8	4	12,2
Atrazin	202	7	2	0	4,4
Desethylatrazin	202	11	5	0	7,9
Simazin	202	6	4	0	5,0
Prometryn	183	2	1	0	1,6
Propazin	202	5	0	0	2,5
Lenacil	202	0	0	1	0,5
Hexazinon	202	0	0	0	0
<b>Terbutylazin*</b>	199	0	0	0	0
<b>Isoproturon</b>	197	3	0	0	1,5
<b>Metolachlor</b>	197	6	8	0	7,1
<b>Metazachlor</b>	197	1	0	0	0,5
Diuron	197	1	0	0	0,5
<b>Diflufenican</b>	185	1	0	0	0,5
Desisopropylatrazin	201	3	3	0	3,0
<b>Dichlorprop</b>	197	1	0	0	0,5

\* zwei Nachweise < 0,1 µg/l im Jahr 2008

Tab. A2: Im Jahr 2009 in Sachsen-Anhalt auffällig gewordene PSM- Wirkstoffe bzw. Metabolite im Oberflächenwasser und höchster Einzelsubstanz-Messwert (Quelle: LHW, 2010b)

Wirkstoff	Anzahl Messungen	Anzahl Standorte	Konzentration (Maximalwert) in µg/l
Bentazon	31	12	9,1
Fenpropimorph	3	3	0,07
Diflufenican	11	4	0,03
MCPA	1	1	0,8

**Tab. A3: Übersicht ausgebrachter Produktmengen nach PSM – Wirkgruppen in der Agrarregion Altmark / Fläming**

Fruchtart	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Dauerstilllegung	0,00	0,67	0,00	0,00	0,67
Erbsen	0,00	1,30	0,02	0,00	1,31
Futterleguminosen	0,00	1,45	0,01	0,00	1,46
Gelbe Lupinen	0,00	2,00	0,00	0,00	2,00
Hafer	0,00	0,89	0,00	0,00	0,89
Kartoffel	5,29	2,73	1,01	0,00	9,03
Lein	0,00	1,18	0,06	0,00	1,24
Mais	0,00	1,60	0,00	0,00	1,60
Nichtleguminosen	0,00	0,67	0,00	0,00	0,67
Selbstbegrünung	0,00	0,67	0,00	0,00	0,67
Senf	0,00	2,03	0,00	0,00	2,03
Sommergerste	0,56	0,48	0,09	0,00	1,13
Sommerweizen	0,00	0,12	0,10	0,00	0,22
Sonnenblumen	0,00	1,50	0,00	0,00	1,50
Spargel	0,00	0,00	0,60	0,00	0,60
Stilllegung	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50
Triticale	0,42	1,58	0,01	0,18	2,19
Weide, intensiv	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02
Wiese, intensiv	0,00	0,60	0,00	0,00	0,60
Wintergerste	0,43	1,63	0,07	0,15	2,27
Winterraps	0,52	2,04	0,14	0,00	2,71
Winterroggen	0,57	1,20	0,00	0,12	1,90
Winterweizen	1,00	1,74	0,02	0,33	3,09
Zuckerhirse	0,00	3,64	0,00	0,00	3,64
Zuckerrübe	0,18	8,60	0,01	0,00	8,79
Gesamtergebnis	0,46	1,75	0,04	0,11	2,36

**Tab. A4: Übersicht ausgebrachter Produktmengen nach PSM – Wirkgruppen in der Agrarregion Elbe- Muldeau**

Fruchtart	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Erbsen	0,00	2,13	0,11	0,00	2,24
Futterrüben	0,00	2,98	0,00	0,00	2,98
Hafer	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50
Lein	0,00	1,95	0,07	0,00	2,02
Mais	0,00	2,64	0,00	0,00	2,64
Sommergerste	0,84	1,80	0,04	0,00	2,68
Sommerweizen	1,67	0,23	0,00	0,00	1,90
Triticale	0,98	1,73	0,00	0,09	2,80
Wintergerste	0,91	1,49	0,05	0,24	2,68
Winterraps	0,76	1,79	0,21	0,00	2,76
Winterroggen	0,67	0,77	0,06	0,24	1,74
Winterweizen	1,06	0,61	0,06	0,42	2,15
Zuckerrübe	0,17	5,06	0,03	0,00	5,25
Gesamtergebnis	0,70	1,62	0,08	0,18	2,57

**Tab. A5: Übersicht ausgebrachter Produktmengen nach PSM – Wirkgruppen in der Agrarregion Börde**

Fruchtart	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Ackerbohnen	0,14	2,30	0,09	0,00	2,53
Ackergras	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08
Apfel	62,74	12,40	2,56	0,00	77,70
Begrünung mit Gras	0,02	1,04	0,00	0,00	1,06
Bohnenkraut	0,00	0,80	0,00	0,00	0,80
Erbsen	0,06	1,87	0,22	0,00	2,15
Erdbeeren	3,00	0,00	0,04	0,00	3,04
Getreide Ganzpflanze	0,00	1,08	0,00	0,11	1,20
Gras	0,99	1,73	0,00	0,26	2,99
Gurke	1,06	0,93	0,00	0,00	1,99
Hafer	0,00	0,55	0,00	0,22	0,77
Hopfen	1,87	0,33	2,80	0,00	5,00
Kartoffel	2,83	0,71	0,03	0,00	3,56
Kohl	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10
Luzerne	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05
Mais	0,00	1,11	0,00	0,00	1,11
Majoran	0,00	2,05	0,00	0,00	2,05
Sommergerste	0,80	0,64	0,03	0,00	1,47
Sommerhartweizen	0,75	0,08	0,25	0,00	1,09
Sommerweizen	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Sonnenblumen	0,00	1,33	0,00	0,00	1,33
Thymian	0,00	2,67	0,00	0,00	2,67
Tomate	0,80	0,00	0,11	0,00	0,91
Triticale	0,13	1,13	0,04	0,69	1,99
Wiese, extensiv	0,14	1,00	0,06	0,00	1,21
Wintergerste	0,89	1,17	0,03	0,44	2,54
Wintergetreide	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05
Winterraps	0,72	1,91	0,21	0,00	2,84
Winterroggen	1,29	1,54	0,05	0,59	3,48
Winterweizen	1,15	4,95	0,05	0,45	6,61
Zuckerrübe	0,19	5,10	0,05	0,00	5,34
Zwiebeln	0,44	0,06	0,00	0,00	0,50
Gesamtergebnis	0,89	3,23	0,08	0,27	4,47

**Tab. A6: Übersicht ausgebrachter Produktmengen nach PSM – Wirkgruppen in der Agrarregion Harz**

Fruchtart	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Ackerbohnen	0,00	2,05	0,07	0,00	2,12
Ackergras	0,00	0,93	0,00	0,00	0,93
Blattpetersilie	0,00	3,72	0,01	0,00	3,73
Durum	0,53	0,39	0,00	0,20	1,12
Erbsen	0,08	5,19	0,12	0,00	5,40
Futterrüben	0,00	0,68	0,00	0,00	0,68
Getreide Ganzpflanze	0,38	0,48	0,00	0,00	0,86
Grünland	0,00	0,36	0,00	0,00	0,36
Hafer	0,14	0,68	0,00	0,02	0,84
Kartoffel	0,96	0,60	0,00	0,00	1,56
Lein	0,00	0,91	0,05	0,00	0,96
Luzernegras	0,00	2,61	0,00	0,00	2,61
Mais	0,06	1,22	0,00	0,00	1,28
Möhren	0,00	2,67	0,00	0,00	2,67
Selbstbegrünung	0,00	1,60	0,00	0,00	1,60
Sommergerste	0,28	1,13	0,00	0,08	1,49
Sommerweizen	0,00	1,15	0,00	0,00	1,15
Sonderbehandlungen	0,00	0,52	0,00	0,00	0,52
Sonnenblumen	0,00	2,27	0,00	0,04	2,31
Stilllegung	0,18	0,00	0,01	0,00	0,19
Triticale	0,55	0,83	0,03	0,41	1,82
Wiese, intensiv	0,00	0,74	0,00	0,00	0,74
Wintergerste	0,59	1,47	0,02	0,31	2,38
Wintergetreide	0,00	1,33	0,00	0,00	1,33
Winterraps	0,40	1,86	0,12	0,01	2,40
Winterroggen	0,97	1,13	0,04	0,26	2,40
Winterweizen	1,28	1,49	0,06	0,40	3,22
Zuckerrübe	0,13	3,41	0,00	0,00	3,55
Zwischenfrucht	0,00	0,70	0,00	0,00	0,70
Gesamtergebnis	0,69	1,67	0,05	0,20	2,62

**Tab. A7: Übersicht ausgebrachter Produktmengen nach PSM – Wirkgruppen in der Agrarregion Heiden**

Fruchtart	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Erbsen	0,00	1,60	0,10	0,00	1,70
Grünland	0,00	0,79	0,00	0,00	0,79
Hafer	0,00	0,15	0,00	0,27	0,42
Mais	0,00	1,50	0,01	0,00	1,51
Nichtleguminosen	0,01	0,65	0,00	0,00	0,66
Selbstbegrünung	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Sommergerste	0,67	0,68	0,02	0,13	1,51
Triticale	0,14	1,39	0,01	0,43	1,97
Weißer Lupinen	0,00	1,14	0,02	0,00	1,17
Wiese, extensiv	0,00	1,57	0,00	0,00	1,57
Wintergerste	0,58	1,01	0,03	0,21	1,84
Winterraps	0,53	2,04	0,24	0,00	2,82
Winterroggen	0,44	1,12	0,01	0,10	1,66
Winterweizen	1,17	0,87	0,01	0,39	2,44
Zuckerrübe	0,04	5,82	0,01	0,00	5,87

Gesamtergebnis	0,50	1,33	0,06	0,16	2,04
----------------	------	------	------	------	------

**Tab. A8: Übersicht ausgebrachter Produktmengen nach PSM – Wirkgruppen in der Agrarregion Wische**

Fruchtart	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Apfel	34,33	3,75	1,13	0,55	39,77
Dinkel	0,54	0,48	0,03	0,12	1,17
Erbsen	0,11	3,31	0,06	0,00	3,48
Kartoffel	8,08	1,90	0,52	0,00	10,50
Mais	0,00	0,81	0,00	0,00	0,81
Sommergerste	0,48	1,37	0,00	0,13	1,98
Winterroggen	1,08	0,76	0,00	0,22	2,06
Winterweizen	1,18	0,60	0,00	0,34	2,12
Gesamtergebnis	1,30	1,24	0,03	0,17	2,74

**Tab. A9: Übersicht ausgebrachter Produktmengen nach PSM – Wirkgruppen in ausgewählten Anbauregionen**

Fruchtart	Fungizid	Herbizid	Insektizid	Wachstumsregler	Gesamtergebnis
Region 1					
Apfel	28,35	0,14	4,64	0,05	33,17
Aprikose	3,23	0,00	0,28	0,00	3,51
Birne	21,55	0,00	1,70	0,00	23,25
Pfirsich	9,12	0,00	0,62	0,00	9,75
Pflaume	11,99	0,00	0,64	0,00	12,63
Sauerkirsche	3,41	0,00	0,07	0,33	3,81
Süßkirsche	10,49	0,00	0,77	0,00	11,26
Wein	23,53	1,59	0,00	0,00	25,13
Gesamtergebnis	24,36	0,13	3,83	0,05	28,37
Region 2					
Wein	19,43	0,67	0,00	0,00	20,10
Gesamtergebnis	19,43	0,67	0,00	0,00	20,10

## Danksagung

Der Autor bedankt sich bei allen, die hilfreich zum Gelingen dieser Studie beitrugen. Ausdrücklicher Dank gilt den Landwirten, die ihre Daten zum Einsatz von Pflanzenschutzmittel bereitwillig zur Verfügung stellten. Ohne ihre Offenheit gegenüber den Inhalten dieser Studie hätte sie nicht erstellt werden können.

Dr. habil. Wolfgang Heyer

Halle, 12.11.2010