

Umwelt

Ökobilanzierung des Extensioanbaus von Getreide und Raps

Gérard Gaillard und Thomas Nemecek, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Auskünfte: Gérard Gaillard, e-mail: gerard.gaillard@fal.admin.ch, Fax +41 (0)1 377 72 01, Tel. +41 (0)1 377 73 50

Zusammenfassung

Die Umweltwirkung der extensiven Produktion von Getreide und Raps nach dem Extensoprogramm wurde mittels Ökobilanzen abgeschätzt. Das Extensoprogramm bietet eine Entschädigung für den Verzicht auf Fungizide, Insektizide und Wachstumsregulatoren. Die Extensomassnahme bewirkte eine Reduktion der ausgebrachten Menge von Pflanzenschutzmitteln um bis zu 50 % und eine Verminderung des Ertrags um 13 bis 23 %. Dies führte zudem zu einer geringeren ökotoxischen Belastung aquatischer und terrestrischer Systeme durch Pestizide. Dieser Effekt wurde jedoch teilweise durch den verminderten Herbizideinsatz verursacht und weitgehend durch die Wirkung der in Düngern enthaltenen Schwermetalle überdeckt. Hinsichtlich Biodiversität schnitt das Extensoprogramm in erster Linie beim Raps günstig ab. Bei allen übrigen Wirkungskategorien ergaben sich hingegen keine gesicherten Vorteile des Extensioanbaus. Der Vergleich mit anderen Anbauvarianten zeigte, dass die grössten Unterschiede in den Umweltwirkungen auf die Landbauform und die Düngung zurückzuführen sind. Diese erwiesen sich als weit wichtiger als die Extensomassnahme.

Aufgrund der steigenden Produktion von Brot- und Futtergetreide und eines Rückganges der Nachfrage im Inland stieg der Selbstversorgungsgrad beim Getreide in den achtziger Jahren stetig an. Als Gegenmassnahme zur Überproduktion beschloss der Bund 1991, die extensive Produktion von Getreide durch spezielle «Extensobeiträge» zu fördern. Bei der Extensoproduktion ist der Einsatz von Fungiziden, Insektiziden, chemisch-synthetischen Stimulatoren der natürlichen Abwehrkräfte und

von Wachstumsregulatoren verboten. Dadurch soll die Produktionsmenge reduziert und eine umweltschonende Bewirtschaftung gefördert werden. Die Massnahme wurde 1996 auf den Raps ausgeweitet.

Im Jahr 2000 betragen die Extensobeiträge 400 Franken pro Hektare und erreichten insgesamt 33,4 Millionen Franken. Die Extensoproduktion hatte in jenem Jahr beim Brotgetreide einen Anteil von 42 % an der Anbaufläche, beim Futtergetreide 63 % und beim Raps 25 % (BLW 2001).

Da die Extensobeiträge seit 1999 als Öko-Beiträge für besondere ökologische Leistungen ausbezahlt werden, stellt sich die Frage, wie die Massnahme bezüglich ihrer Umweltwirkung zu beurteilen ist. Deshalb beauftragte das Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) die eidgenössischen Forschungsanstalten für Agrarökologie und Landbau (FAL) und für Agrarwirtschaft

und Landtechnik (FAT), die ökologischen und ökonomischen Wirkungen der Extensobeiträge zu evaluieren. Die hier zusammengefassten Ergebnisse sind in Gaillard und Nemecek (2002) detailliert dargestellt.

Die Analyse basiert auf einem Vergleich der Umweltwirkungen des Extensioanbaus mit jenen des Nicht-Extensioanbaus. Dazu wurde die Methode der Ökobilanzierung angewandt, welche für die Aspekte der Biodiversität und der Bodenfruchtbarkeit mittels Expertenbeurteilung ergänzt wurde. Die Ökobilanz erlaubt eine umfassende Analyse der Umweltwirkungen eines Produktsystems von der Wiege bis zur Bahre, das heisst vom Abbau der Ressourcen bis zur Entsorgung.

Untersuchte Varianten

Von den Kulturen, welche für die Extensobeiträge berechtigt sind, wurden Winterweizen, Wintergerste und Winterraps als die drei wichtigsten untersucht. Um die erstrebten Umweltvorteile der Extensoproduktion bewerten zu können, war es von zentraler Bedeutung, sie im Verhältnis zur gesamten Variabilität der Umweltwirkungen dieser Kulturen zu positionieren. Als wichtige Einteilungskriterien für die Bestimmung der in der Tabelle 1 aufgeführten Varianten galten deshalb die

■ **Landbauform:** konventionelle Produktion, integrierte Produktion (IP) beziehungsweise ökologischer Leistungsnachweis und biologische Produktion (Bio),

Braunrost auf Weizen. Beim Extensioanbau wird in diesem Fall auf eine Behandlung mit Fungiziden verzichtet, wodurch ein Ertragsausfall entsteht. (Foto: G. Brändle, FAL)



■ **Anbauintensität:** Nicht-Extensio und Extensio,

■ **Produktionsregion:** Tal- und Hügelsonne,

■ **Düngungsform:** mineralisch und organisch (Hofdünger).

Aus früheren Studien war bekannt, dass die Form der Düngung mehrere Umweltwirkungen massgeblich beeinflusst (Gaillard und Hausheer 1999, Frick *et al.* 2001). Deshalb war es wichtig, IP-Varianten mit ausschliesslich organischer Düngung neben den praxisüblichen Varianten mit mineralischer Düngung in die Analyse einzu beziehen. Die IP-Varianten mit organischer Düngung liefern einen zusätzlichen Anhaltspunkt für den Vergleich mit den Bio-Varianten. Eine intensive Variante der Weizenproduktion aus Grossbritannien (Audsley *et al.* 1997) wurde für den Vergleich mit der schweizerischen Produktion herangezogen.

Datenmaterial von den Öko-Pilotbetrieben

Die Grundlage des Produktionsinventars (Tab. 2) bilden die Daten des Projektes «Öko-Pilotbetriebe» (BLW *et al.* 1998). Gewählt wurde der Durchschnitt der Jahre 1994 bis 1996. Die Extensiomassnahme hatte einen mittleren Ertragsausfall zwischen 13 % bei Raps und 23 % bei Weizen zur Folge. Die Düngermengen wurden nicht im gleichen Ausmass reduziert, so dass die Stickstoff- und Phosphorbilanzen bei der Extensioproduktion in der Regel etwas schlechter ausfielen.

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln (PSM) war bei der Extensioproduktion meist deutlich reduziert. Dabei ist zu beachten, dass die mengenmässig wichtigste Gruppe der PSM die Herbizide waren. Die Fungizide, Insektizide und Wachstumsregulatoren, wel-

che durch die Extensiomassnahme unterdrückt werden, machten meist weniger als die Hälfte der Pestizid-Menge aus. Zudem erfolgt auch in der Extensioproduktion ein Einsatz von Fungiziden in Form von Saatbeizmitteln.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind folgende Einschränkungen in Bezug auf das Produktionsinventar zu berücksichtigen:

■ Die Produktions-Daten sind sechs bis acht Jahre alt und repräsentieren möglicherweise nicht mehr die heutige Situation des Getreide- und Rapsbaus.

■ Die Öko-Pilotbetriebe stellen keine repräsentative Stichprobe dar.

■ Die Flächen für einige Varianten sind zu klein, um gesicherte Aussagen zu machen.

Die hier zusammengefasste Studie dient deshalb vor allem der Erkennung der potenziellen Umweltwirkungen der Kulturen und des wahrscheinlichen Beitrags

der Extensiomassnahme zur Ökologisierung der Landwirtschaft. Sie darf jedoch nicht als Grundlage für Entscheide zur weiteren Gestaltung des Extensioprogramms herangezogen werden.

Umweltwirkungen und funktionelle Einheit

Die Ökobilanzen wurden für folgende Umweltwirkungen berechnet: Erschöpfung fossiler Energieressourcen, Treibhauspotenzial, Versauerung, Ozonbildung, Eutrophierung (gesamte, aquatische und terrestrische) sowie Human- und Ökotoxizität (aquatische und terrestrische). Zusätzlich dienen Expertenbeurteilungen der Abschätzung der Wirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und die Biodiversität.

Der Auswertung liegen zwei Bezugsgrössen, so genannte funktionelle Einheiten, zugrunde:

■ Die Fläche (1 Hektare) für die Funktion der Landnutzung. Die Auswertung bezogen auf die Anbaufläche zeigt zudem die Produktionsintensität auf.

Tab. 1. Untersuchte Varianten mit Erklärung der verwendeten Abkürzungen

Bezeichnung	Kultur	Land	Landbauform	Intensität	Düngung	Produktionsregion
WW_KvN_GB	Winterweizen	GB	konventionell	Intensiv	mineralisch	Talregion
WW_KvN_Tm	Winterweizen	CH	konventionell	Nicht-Extensio	mineralisch	Talregion
WW_IPN_Tm	Winterweizen	CH	integriert	Nicht-Extensio	mineralisch	Talregion
WW_IPE_Tm	Winterweizen	CH	integriert	Extensio	mineralisch	Talregion
WW_IPN_Hm	Winterweizen	CH	integriert	Nicht-Extensio	mineralisch	Hügelsonne
WW_IPE_Hm	Winterweizen	CH	integriert	Extensio	mineralisch	Hügelsonne
WW_IPN_To	Winterweizen	CH	integriert	Nicht-Extensio	organisch	Talregion
WW_IPE_To	Winterweizen	CH	integriert	Extensio	organisch	Talregion
WW_Bio_To	Winterweizen	CH	biologisch	Extensio	organisch	Talregion
WG_IPN_Tm	Wintergerste	CH	integriert	Nicht-Extensio	mineralisch	Talregion
WG_IPE_Tm	Wintergerste	CH	integriert	Extensio	mineralisch	Talregion
WG_IPN_To	Wintergerste	CH	integriert	Nicht-Extensio	organisch	Talregion
WG_IPE_To	Wintergerste	CH	integriert	Extensio	organisch	Talregion
WG_Bio_To	Wintergerste	CH	biologisch	Extensio	organisch	Talregion
RA_IPN_Tm	Winterraps	CH	integriert	Nicht-Extensio	mineralisch	Talregion
RA_IPE_Tm	Winterraps	CH	integriert	Extensio	mineralisch	Talregion
RA_IPN_To	Winterraps	CH	integriert	Nicht-Extensio	organisch	Talregion
RA_IPE_To	Winterraps	CH	integriert	Extensio	organisch	Talregion

■ Die Körnermasse (1 kg) als Mass für die produktive Funktion der Systeme.

Energieressourcen

Die Erschöpfung fossiler Energieressourcen pro Hektare ist am höchsten bei konventioneller Produktion, mittel bei integrierter und am tiefsten bei biologischer Produktion (Abb. 1). Im konventionellen Anbau liegt der Energieaufwand in Grossbritannien noch wesentlich höher als in der Schweiz.

Zwei Hauptfaktoren sind für den Energieverbrauch massgebend:

1. der Maschineneinsatz inklusive Einstellgebäude und Treibstoffe sowie
2. die Produktion der Mineraldünger.

Die Unterschiede zwischen den Schweizer Varianten werden hauptsächlich durch die Düngung verursacht: Bei den organischen Varianten entfällt der Energieaufwand für die Düngproduktion, dagegen erfordert die Ausbringung der Hofdünger einen intensiveren Maschineneinsatz.

Pro Kilogramm Körner sind die Unterschiede zwischen den Landbauformen konventionell, integriert und biologisch geringer, da bei der intensiveren Produktion auch ein höherer Ertrag resultiert. Am wenigsten Ener-

gie benötigen die organisch gedüngten Varianten.

Die Extensoproduktion bewirkt gegenüber dem Nicht-Extensanbau bei allen Kulturen einen um vier bis zehn Prozent geringeren Energieaufwand pro Hektare. Die Werte pro Kilogramm sind jedoch 8 bis 15 % höher. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Ertrag bei Extenso stärker zurückgegangen ist als die Inputmengen und insbesondere als die Düngermenge (Tab. 2). Die Extensoproduktion bringt also beim Energieverbrauch keine Vorteile.

Die Ergebnisse für die Tal- und die Hügelregion unterscheiden sich nicht wesentlich. Die Umweltwirkungen Treibhauspotenzial, Ozonbildung und Humantoxizität zeigen ein ähnliches Bild wie der Energieverbrauch und führen zu gleichen Schlüssen.

Eutrophierung

Die Eutrophierung, das heisst die unerwünschte Nährstoffanreicherung in Böden und Gewässern, wird durch Stickstoff und Phosphor bewirkt, welche vorwiegend aus den ausgebrachten Düngern stammen oder aus dem Boden ausgetragen werden (Abb. 2). Die wichtigsten Emissionen sind Nitrat ins Grundwasser und Ammoniak in die Luft. Wegen geringerer Stickstoffdüngung verursacht die integrierte Produktion in den minerali-

schen Varianten bei Weizen weniger Eutrophierung als die konventionelle. Die organische Düngung führt jedoch zu einer höheren Eutrophierung. Einerseits ergibt das Ausbringen von Hofdüngern mehr Ammoniak-Emissionen, andererseits fördert die höhere Zufuhr von organischer Substanz die Stickstoffmineralisierung, womit auch die Gefahr der Nitratauswaschung steigt.

Die Extensoproduktion bringt bei der Eutrophierung keine Vorteile gegenüber dem Nicht-Extensanbau. Sie bewirkt pro Hektare eine gleich hohe und pro Kilogramm Körner eine leicht höhere Eutrophierung, wobei die Unterschiede nicht gesichert sind.

Was die Versauerung von Ökosystemen durch Emissionen in die Luft anbelangt, zeigt sich ein ähnliches Bild wie für die Eutrophierung.

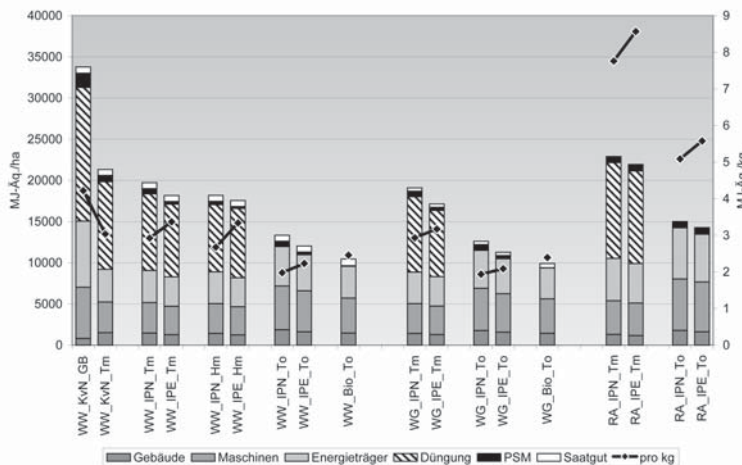
Ökotoxizität

Die toxische Wirkung auf die Ökosysteme der Gewässer und der Böden wird durch die Schwermetalleinträge über die Hof-, Mineral- und Abfalldünger dominiert (Abb. 3). Die Wirkung der Pestizide betrug höchstens ein Drittel. Zu beachten ist jedoch, dass bei der Abschätzung der Wirkung der Pestizide und der Schwermetalle (Marni *et al.* 2002, Joliet und Crettaz 1997) beträchtliche methodische Unsicherheiten bestehen.

Um den Einfluss der Extensomassnahme auf die Wirkung der Pestizide zu veranschaulichen, wurde die Ökotoxizität für die Pestizide allein berechnet und für die aquatischen Systeme in der Abbildung 4 dargestellt.

Die Resultate zeigen, dass die integrierte Produktion besser abschneidet als die konventionelle. Die Extensomassnahme bringt

Abb. 1. Erschöpfung fossiler Energieressourcen diverser Anbauvarianten der Kulturen Weizen, Gerste und Raps in MJ-Äquivalenten pro Hektare (Säulen) und pro Kilogramm Körner (Linien). Die Bezeichnungen der Varianten sind in der Tabelle 1 erklärt.



eine systematische Reduktion der Ökotoxizität. Diese ist einerseits auf den Wegfall von Fungiziden, Insektiziden und Wachstumsregulatoren zurückzuführen, andererseits aber auch auf den reduzierten Einsatz von Herbiziden, obwohl diese nicht im Extensivprogramm eingeschlossen sind. Die hier analysierten Herbizide spielen für die Ökotoxizität oft eine grössere Rolle als Fungizide und Insektizide. Die Analyse der 57 bewerteten Wirkstoffe zeigte, dass tatsächlich nur wenige eine wichtige Rolle spielen, nämlich die Fungizide Chlorothalonil, Carbendazim sowie die Herbizide Isoproturon und Methabenzthiazuron im Getreide und das Herbizid Dimefuron im Raps. Carbendazim ist inzwischen bei Getreide nicht mehr zugelassen.

Die Insektizide spielten aufgrund geringer Mengen und relativ tiefer Ökotoxizitäts-Faktoren bei Raps kaum eine Rolle, obwohl die Nicht-Extensokulturen im Durchschnitt 1,3-mal mit Insektiziden behandelt wurden. Bei Getreide betrug die behandelte Fläche in IP nur zwei bis drei Prozent.

Biodiversität und Bodenfruchtbarkeit

Für die Bewertung der Wirkungen auf die Biodiversität (Reisner *et al.* 2002) und die Bodenfruchtbarkeit (Oberholzer *et al.* 2002) musste mangels quantitativer Methoden auf Expertenbeurteilungen zurückgegriffen werden.

Für die Biodiversität spielen die Insektizide eine wichtige Rolle. Deren Wegfall im Extensivprogramm lässt positive Effekte für die Biodiversität erwarten. Im Getreide werden Insektizide nur auf einer geringen Fläche eingesetzt. Die positiven Effekte sind deshalb vor allem im Raps wahrscheinlich, für welchen Insektizid-Behandlungen die Regel

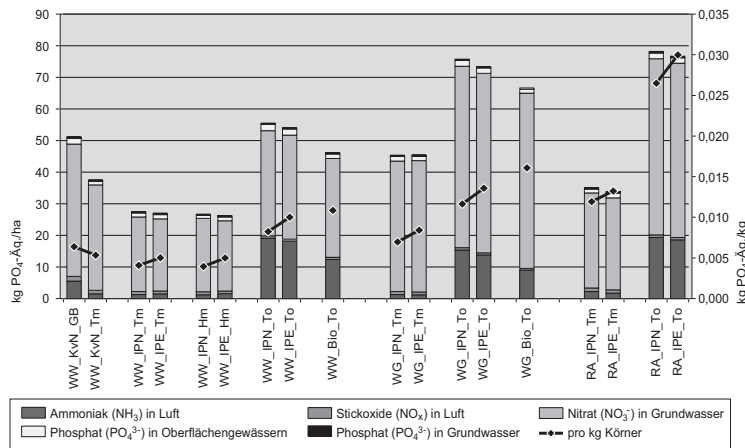


Abb. 2. Gesamteutrophierung der aquatischen und terrestrischen Ökosysteme diverser Anbauvarianten der Kulturen Weizen, Gerste und Raps in Kilogramm PO₄-Äquivalenten pro Hektare (Säulen) und pro Kilogramm Körner (Linien). Die Bezeichnungen der Varianten sind in der Tabelle 1 erklärt.

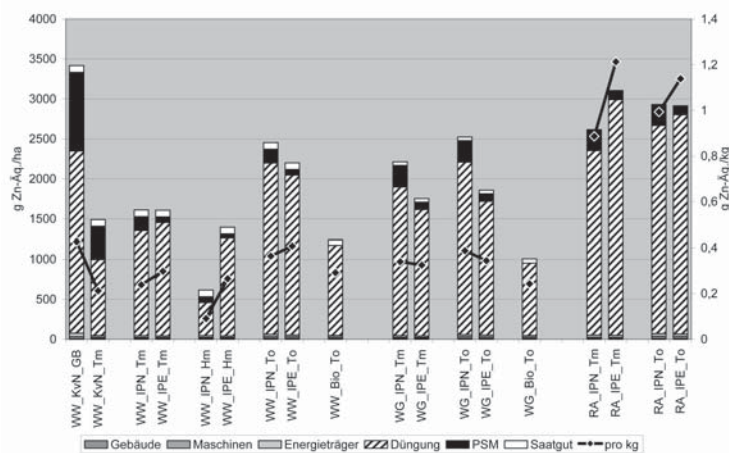


Abb. 3. Aquatische Ökotoxizität unter Berücksichtigung aller Schadstoffe für diverse Anbauvarianten der Kulturen Weizen, Gerste und Raps in Gramm Zn-Äquivalenten pro Hektare (Säulen) und pro Kilogramm Körner (Linien). Die Bezeichnungen der Varianten sind in der Tabelle 1 erklärt.

sind. Der Verzicht auf Fungizide kann ebenfalls zu einer höheren Biodiversität führen.

Die Beurteilung für die Bodenfruchtbarkeit ergab, dass keine wesentlichen Unterschiede durch die Extensivmassnahme zu erwarten sind. Da die Wirkung der Pflanzenschutzmittel im Rahmen der integrierten Produktion

aus der Sicht der Experten eher kurzfristig und reversibel ist, sind durch deren Anwendung keine langfristigen Schäden der Bodenfruchtbarkeit zu erwarten. Die Wirkung auf die physikalische Bodenbelastung betrachten die Fachleute als gering, zumal die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in der Regel nicht bei kritischem Bodenzustand erfolgt.

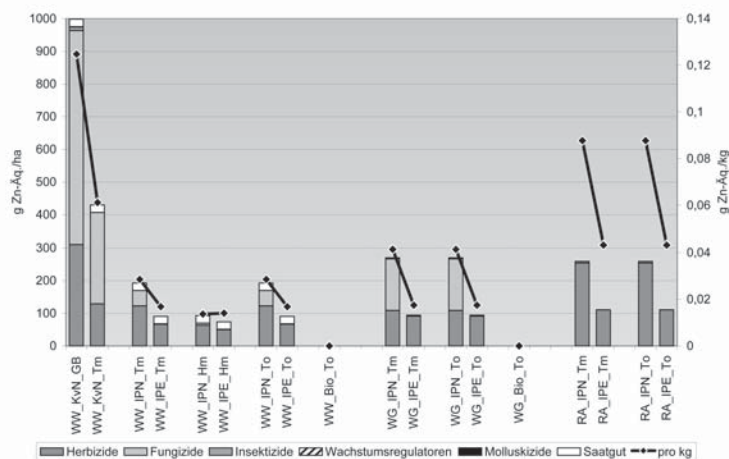


Abb. 4. Aquatische Ökotoxizität unter ausschliesslicher Berücksichtigung der PSM in diversen Anbauvarianten der Kulturen Weizen, Gerste und Raps in Gramm Zn-Äquivalenten pro Hektare (Säulen) und pro Kilogramm Körner (Linien). Die Bezeichnungen der Varianten sind in der Tabelle 1 erklärt.

Tab. 2. Auszug aus dem Produktionsinventar der untersuchten Varianten, Durchschnitt der Daten von 1994 bis 1996 aus dem Öko-Pilotbetriebsnetz

Variante	Ertrag (kg/ha)	Fläche (ha)	Düngung				PSM-Menge kg Wirkstoff/ha						
			Total	Hof- dünger	PSM total	Herbizide	Fungizide	Insektizide	Wachstumsregulatoren	Molluskizide			
			kg N _{verfügbar} /ha	kg P ₂ O ₅ /ha	kg K ₂ O/ha	m ³ Gülle/ha	t Mist/ha						
WW_KvN_GB	8000	-	240	59	60	0	0	6.7	2.8	1.6	0.1	2.0	0.2
WW_KvN_Tm	7020	138	162	24	49	0	0	3.2	1.7	1.1	0.0	0.4	0.0
WW_IPN_Tm	6740	717	134	34	55	0	0	2.7	1.8	0.6	0.0	0.2	0.0
WW_IPE_Tm	5390	571	122	37	59	0	0	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
WW_IPN_Hm	6790	70	130	20	43	0	0	1.8	1.0	0.4	0.0	0.4	0.0
WW_IPE_Hm	5260	68	108	37	75	0	0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WW_IPN_To	6740	717	134			100	9	2.7	1.8	0.6	0.0	0.2	0.0
WW_IPE_To	5390	571	122			92	8	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
WW_Bio_To	4250	124	56	59	187	49	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
WG_IPN_Tm	6510	177	118	50	96	0	0	3.0	1.8	0.9	0.0	0.3	0.0
WG_IPE_Tm	5400	243	103	42	73	0	0	1.8	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0
WG_IPN_To	6510	177	118			87	9	3.0	1.8	0.9	0.0	0.3	0.0
WG_IPE_To	5400	243	103			79	7	1.8	1.6	0.1	0.0	0.0	0.0
WG_Bio_To	4140	23	49	52	143	38	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
RA_IPN_Tm	2950	191	150	61	112	0	0	2.5	2.1	0.1	0.0	0.0	0.3
RA_IPE_Tm	2560	34	127	77	171	0	0	2.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.2
RA_IPN_To	2950	191	150			104	14	2.5	2.1	0.1	0.0	0.0	0.3
RA_IPE_To	2560	34	127			91	15	2.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.2

Gesamtbeurteilung

Der Beurteilungsraster für die Bewertung der Unterschiede (Tab. 3) basiert auf Wolfensberger und Dinkel (1997). Es handelt sich hier um Erfahrungswerte und nicht um Unterschiede im Sinne einer statistischen Signifikanz.

Die Gesamtbeurteilung zeigt, dass die Extensomassnahme die

ökotoxische Wirkung der Pestizide reduziert. Diese Reduktion scheint aber im Verhältnis zur ökotoxischen Wirkung der in den Düngern enthaltenen Schwermetalle gering zu sein. Tendenziell sind die Unterschiede zu Gunsten von Extenso bei Gerste grösser als bei Weizen. Bei Raps hingegen sind sie mit Ausnahme der Biodiversität kleiner als bei Weizen. Diese Unterschiede werden hauptsächlich durch die Düngung verursacht. Für die Biodiversität spielt der Anteil der durch Insektizide behandelten Fläche die Hauptrolle.

Durch das Verbot von Insektiziden und Fungiziden ist das Extensoprogramm geeignet, negative Auswirkungen des integrierten Ackerbaus für die Biodiversität in gewisser Masse zu mildern. Die Massnahme bewirkt hingegen keine gesicherten Vorteile bei der Energie, dem Treibhauspotenzial, der Ozonbildung, der Humantoxizität, der Eutrophierung, der Versauerung und der Bodenfruchtbarkeit.

Zentrale Rolle von Landbauform und Düngung

Zwei Hauptfaktoren bedingen die Unterschiede in den Umweltwirkungen des Anbaus von

Getreide und Raps: die Landbauform, das heisst ob konventionell, integriert oder biologisch bewirtschaftet wird, und die Menge, die Art und die Auswahl der Dünger. Im Weiteren ist die Wahl der Pestizid-Wirkstoffe für die Ökotoxizität wesentlich. Ein Zehntel der eingesetzten Wirkstoffe hat die Resultate dominiert.

Für eine ökologische Optimierung der Getreide- und Rapsproduktion sind die bestmögliche Abstimmung der Bewirtschaftungsmassnahmen im Rahmen des Anbausystems und die Düngung von zentraler Bedeutung. Neben einer guten Abstimmung der Düngermenge auf den Ertrag sind Massnahmen zur Reduktion von schädlichen Emissionen und Nährstoffverlusten zu treffen, nicht zuletzt bei der Ausbringung von Hofdüngern. Ein besonderes Augenmerk ist zudem der Wahl der Düngerart zu schenken: Dünger mit hohen Gehalten an Schwermetallen sollten vermieden werden. Schliesslich können eine gut durchdachte Reduktion des Pestizideinsatzes und eine gezielte Auswahl der Wirkstoffe die Ökotoxizität vermindern und die Artenvielfalt erhöhen.

Tab. 3. Zusammenfassende Beurteilung der Extensomassnahme. Dargestellt sind jeweils die Ergebnisse der Extenso-Variante im Vergleich zur entsprechenden Nicht-Extenso-Variante (=100 %) für Weizen, Gerste und Raps. Für die Biodiversität und die Bodenfruchtbarkeit handelt es sich um Expertenmeinungen.

Funktionelle Einheit	Extenso-Variante: IP, Tal, mineralische Düngung					
	Weizen		Gerste		Raps	
	ha	kg	ha	kg	ha	kg
Energieressourcen	92%	115%	90%	108%	96%	110%
Treibhauspotenzial (100 Jahre)	92%	115%	89%	107%	91%	105%
Treibhauspotenzial (500 Jahre)	92%	115%	89%	108%	92%	106%
Ozonbildung	92%	115%	91%	110%	95%	109%
Humantoxizität	93%	117%	92%	111%	96%	111%
aquatische Ökotoxizität (gesamt)	100%	125%	79%	96%	119%	137%
aquatische Ökotoxizität (PSM)	47%	59%	35%	42%	43%	49%
terrestrische Ökotoxizität (gesamt)	98%	122%	53%	64%	138%	159%
terrestrische Ökotoxizität (PSM)	26%	32%	36%	44%	45%	52%
aquatische Eutrophierung	106%	132%	94%	113%	122%	140%
terrestrische Eutrophierung	106%	132%	93%	112%	83%	95%
Gesamteutrophierung	98%	123%	100%	121%	96%	111%
Versauerung	103%	129%	93%	112%	86%	100%
Biodiversität						
Bodenfruchtbarkeit						

Beurteilungsraster:	Energie	Übrige Wirkungskategorien
Sehr günstig	<67%	<50%
Günstig	67-87%	50-74%
Vergleichbar	88-114%	74-134%
Ungünstig	115-150%	135-200%
Sehr ungünstig	>150%	>200%

Extenso-Variante mit geringfügigen Vorteilen

Für die Beurteilung des Extensoprogramms lässt sich unter Vorbehalt der oben erwähnten Einschränkungen bezüglich der Datengrundlage zusammenfassend folgendes festhalten:

1. Das Extensoprogramm wies gewisse Vorteile bei der Ökotoxizität und, vor allem beim Raps, bei der Biodiversität auf. Die Wirkung der Schwermetalle hat die Vorteile bei der Ökotoxizität jedoch weitgehend überlagert. Zudem waren nur 10 % der Wirkstoffe für die Ökotoxizität relevant und die Reduktion der Pestizid-Wirkung war teilweise

auf eine Senkung des Herbizid-einsatzes zurückzuführen, welcher vom Extensoprogramm nicht direkt tangiert wird.

2. Bei den übrigen Wirkungskategorien Energieverbrauch, Treibhauspotenzial, Ozonbildung, Eutrophierung, Versauerung, Humantoxizität und Bodenfruchtbarkeit waren keine gesicherten Unterschiede festzustellen.

3. Der Vergleich mit anderen Anbauvarianten zeigte gesicherte ökologische Unterschiede bei fast allen untersuchten Umweltkategorien. Diese waren beträchtlich grösser als die durch das Extensoprogramm bedingten Unterschiede. Sie weisen auf ein deutliches Ökologisierungspotenzial des Anbaus von Getreide und Raps hin.

Da bei zwei der untersuchten Umweltbereiche Vorteile zu Gunsten von Extenso gefunden wurden und diese lediglich teilweise oder nicht gesichert hervortraten, folgern wir, dass das Extensoprogramm geringfügige Umweltvorteile bringt.

Literatur

■ Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Hausheer, J., Jolliet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teulon, H., Weidema, B. and van Zeijts, H., 1997. Harmonisation of life cycle assessment for agriculture. Final Report, Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission DG VI Agriculture.

■ BLW, 2001. Agrarbericht 2001. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern, 404 p.

■ BLW, FAT, FiBL, LBL & SRVA, 1998. Ökologische und produktionstechnische Entwicklung landwirtschaftlicher Pilotbetriebe 1991 bis 1996 – Schlussbericht der nationalen Projektgruppe Öko-Pilotbetriebe. FAT, Tänikon, 169 p.

■ Frick, C., Dubois, D., Nemecek, T. und Gaillard, G., 2001. Burgrain: Vergleichende Ökobilanz dreier Anbausysteme. *Agrarforschung*, 8 (8): 152-157.

■ Gaillard, G. und Hausheer, J., 1999. Ökobilanz des Weizenanbaus. *Agrarforschung*, 6 (1): 37-40.

■ Gaillard, G. und Nemecek, T., 2002. Ökologische Beurteilung der Extensoproduktion von Getreide und Raps mittels Ökobilanzierung. FAL,

Zürich, Bericht zu Handen des Bundesamtes für Landwirtschaft, 45 p.

■ Jolliet, O. and Crettaz, P., 1997. Critical surface-time 95 – a life cycle impact methodology including fate and exposure. Swiss Federal Institute of Technology, Institute of soil and water management, Lausanne, Switzerland, 79 S.

■ Margni, M., Jolliet, O., Rossier, D. and Crettaz, P., 2002. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment.

■ Oberholzer, H. R., Weisskopf, P. und Gaillard, G., 2002. Bewertung der Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenfruchtbarkeit. In: Ökobilanzen: Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft, Schriftenreihe der FAL 38, 19-21.

■ Reisner, Y., Schüpbach, B. und Jeanneret, P., 2002. Biodiversität und Landschaftsästhetik in der Ökobilanzierung. In: Ökobilanzen: Beitrag zu einer nachhaltigen Landwirtschaft, Schriftenreihe der FAL 38, 22-24.

■ Wolfensberger, U. und Dinkel, F., 1997. Beurteilung nachwachsender Rohstoffe in der Schweiz in den Jahren 1993-1996. Bundesamt für Landwirtschaft, Bern. 230 S.

RÉSUMÉ

Bilan écologique de la production extensive de céréales et de colza

L'impact environnemental de la production extensive de céréales et de colza a été évalué à l'aide de bilans écologiques. Le programme Extenso, qui interdit les fongicides, insecticides et régulateurs de croissance, a induit une réduction de la quantité épanchée de produits de protection des plantes allant jusqu'à 50 % ainsi qu'une perte de rendement de 13 à 23 %. En outre, il a provoqué une diminution de la charge écotoxique des systèmes aquatiques et terrestres par les pesticides. Cet effet a cependant été causé partiellement par une baisse des traitements avec des herbicides et a été dominé en grande partie par l'impact des métaux lourds contenus dans les engrais. En ce qui concerne la biodiversité, le programme Extenso est favorable en premier lieu au colza. Pour tous les autres impacts environnementaux par contre, le programme Extenso n'a pas produit d'avantages assurés. La comparaison avec d'autres variantes de culture a montré que les plus grosses différences d'impact environnemental étaient dues au mode de production et à la fumure. Ces deux facteurs se sont révélés de loin plus importants que l'influence du programme Extenso.

SUMMARY

Life cycle assessment of the extensive production of cereals and rape seed

The environmental impact of the extensive production of cereals and rape seed called «Extenso» was analysed by means of life cycle assessment (LCA). The extensification measure, that is the ban of fungicides, insecticides and growth regulators, resulted in a reduction of the quantity of pesticides applied by up to 50 % and a decrease of yield of 13 to 23 %. Furthermore, it mitigated the ecotoxic effects of pesticides on aquatic and terrestrial ecosystems. However, this effect was partly caused by a reduced application of herbicides and was superposed to a large extent by the impact of heavy metals contained in fertilisers. With respect to biodiversity, the extensification was first favourable in rape seed. For all other environmental impacts however, there were no assured advantages of the extensive production. A comparison with other cropping variants showed that the farming system and the fertilisation led to large differences in the environmental impacts, which revealed to be much more important than the Extenso program.

Key words: Life cycle assessment, LCA, wheat, barley, rape seed, extensive production, pesticides