

Agrarökosysteme – Notwendigkeit und Möglichkeiten einer naturnahen Regulierung

N. KNAUER, (Altenholz)

1. Einführung

Der weit überwiegende Flächenanteil unserer Kulturlandschaft wird von den Menschen mehr oder weniger intensiv genutzt, wobei die landwirtschaftliche Bodennutzung vor der forstwirtschaftlichen rangiert. Durch die Bodennutzung werden die natürlichen Bedingungen der Landschaft stark verändert. Landschaftsteile mit natürlichen Ökosystemen existieren kaum noch. Auch die naturnahen Ökosysteme sind auf verhältnismäßig kleine Areale zurückgedrängt worden. In den vom Menschen entwickelten Nutzökosystemen sind die meisten Systemregulationen mit umweltbelastenden Nebenwirkungen verbunden. Es muß daher von großem Interesse sein, auch in den Nutzökosystemen möglichst viele Prozesse den natürlichen Regulationen zu überlassen und dabei trotzdem die Ziele solcher Nutzökosysteme zu erreichen.

Der unterschiedliche Natürlichkeitsgrad der in der Kulturlandschaft vorhandenen Ökosysteme kommt am deutlichsten in der Fähigkeit zur Regulation von Systemfunktionen zum Ausdruck. Die zu den Techno-Ökosystemen zu zählenden Siedlungen sind überhaupt nicht selbstregulationsfähig, sie sind von Außensteuerung und hoher Energiezufuhr abhängig. Die natürlichen Ökosysteme dagegen besitzen die Fähigkeit zur vollkommenen Selbstregulation. Auch die naturnahen Ökosysteme sind in Teilbereichen noch selbstregulationsfähig. Bei den Agrarökosystemen, die immerhin noch zur Gruppe der Bio-Ökosysteme gehören, ist eine Selbstregulation im allgemeinen unerwünscht. In diesen von den Menschen bewußt geschaffenen und völlig von ihnen abhängigen Ökosystemen wurden die von den Menschen wahrzunehmenden Regulationsmaßnahmen im Laufe der Zeit immer stärker von mechanischen Einwirkungen auf chemische Einwirkungen umgestellt. Diese Umstellung führte zu einer spezifischen Erhöhung des Umweltbelastungspotentials. In der Agrarlandschaft gibt es aber noch ein Potential natürlicher Regulationsfaktoren, die es zu fördern gilt.

2. Regulationen in Ökosystemen

Die Regulation in Ökosystemen betrifft Populationen von Pflanzen und Tieren und Wechselbeziehungen zwischen der abiotischen Umwelt und den verschiedenen Lebewesen. Überall können wir eine Populationsdynamik beob-

achten, die von Umweltfaktoren, vom Nahrungsangebot sowie von verschiedenen Wechselwirkungen zwischen Populationen beeinflusst wird. Es bestehen vielfältige Beziehungen zwischen Organismen und ihrer unbelebten Umwelt. In bezug auf Einzelfaktoren wie Temperatur, Wasser, Licht, Pflanzennährstoffen usw. sind organismentypische Optima zu erkennen, in der Beziehung zum Faktorensensemble sind jedoch praktisch nie alle Umweltfaktoren gleichzeitig optimal ausgebildet. Das Vorkommen oder die Entwicklung der Organismen wird hier also von limitierenden Faktoren begrenzt. Die in Ökosystemen beschreibbaren Regelungen betreffen die abiotischen Strukturvariablen, die verschiedenen Kapazitäten von Stoffen und die Intensität der biologischen Wechselwirkungen verschiedener Lebewesen. Nur ein Teil der verschiedenen Regulierungen ist durch die Analyse von Ökosystemen so weit aufgeklärt, daß nicht nur der Zustand des Systems beschrieben werden kann, sondern auch die im System ablaufenden Prozesse abgeschätzt werden können. Die Nachbildung der Prozedynamik in Modellen soll zum besseren Verständnis des komplexen Geschehens von Ökosystemen beitragen.

Das Verständnis von Ökosystemen wurde in den letzten 10 Jahren durch eine Vielzahl von Modellbeschreibungen gefördert. Sehr weit verbreitet ist die

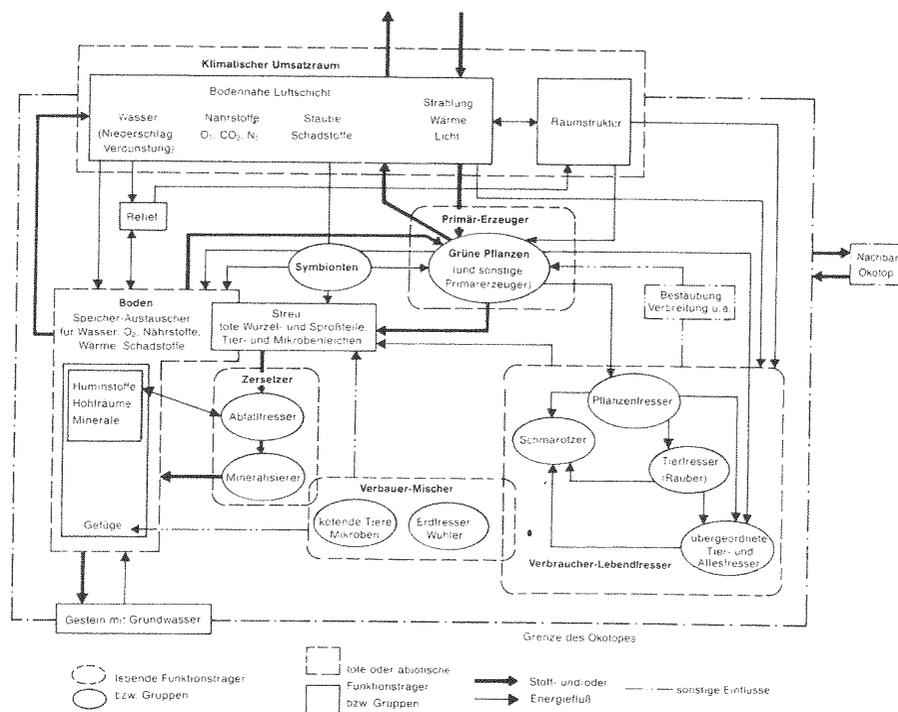


Abb. 1 Funktionsschema eines Land-Ökosystems (nach Schreiber 1980)

Darstellung der miteinander in Beziehung stehenden Kompartimente, wie sie 1973 von Ellenberg veröffentlicht wurde. Die Abbildung 1 gibt ein solches Funktionsschema eines Land-Ökosystems wieder.

3. Prinzipien der Regulation von Agrarökosystemen

In Nutzökosystemen kann die modellhafte Nachbildung von Prozessen und deren Regulation eine bedeutende Hilfe beim Versuch einer Optimierung von Regulationsmaßnahmen sein. Das Agrarökosystem ist ein weit verbreitetes Nutzökosystem. Im Bereich der Primärproduzenten stehen hier Kulturpflanzen und wildwachsende Pflanzen in Wechselbeziehung. Auf den Nutzflächen, vor allem auf dem Ackerland, werden die meisten wildwachsenden Pflanzenarten als Unkräuter bewertet und mehr oder weniger intensiv bekämpft. Als Konsumenten haben die landwirtschaftlichen Nutztiere insoweit eine besondere Bedeutung, als die für ihre Ernährung benötigten Pflanzen gezielt angebaut werden, wobei neben dem quantitativen Bedarf auch der qualitative und zeitliche Bedarf zu berücksichtigen ist. Die wildlebenden Konsumenten werden geduldet, wenn ihr Vorkommen das Wachstum, die Ertragsbildung und die Qualität der Kulturpflanzen bzw. der Ernteprodukte nicht negativ beeinflusst. Arten, die das allgemeine Pflanzenwachstum, die Ausbildung der nutzungsbestimmenden Pflanzenteile oder deren Qualität negativ beeinflussen, werden als Schädlinge bewertet und mit verschiedenen Verfahren bekämpft.

Agrarökosysteme haben keine geschlossenen Nährstoffkreisläufe und neben der eingestrahlten Sonnenenergie wird je nach Wirtschaftsweise unter-

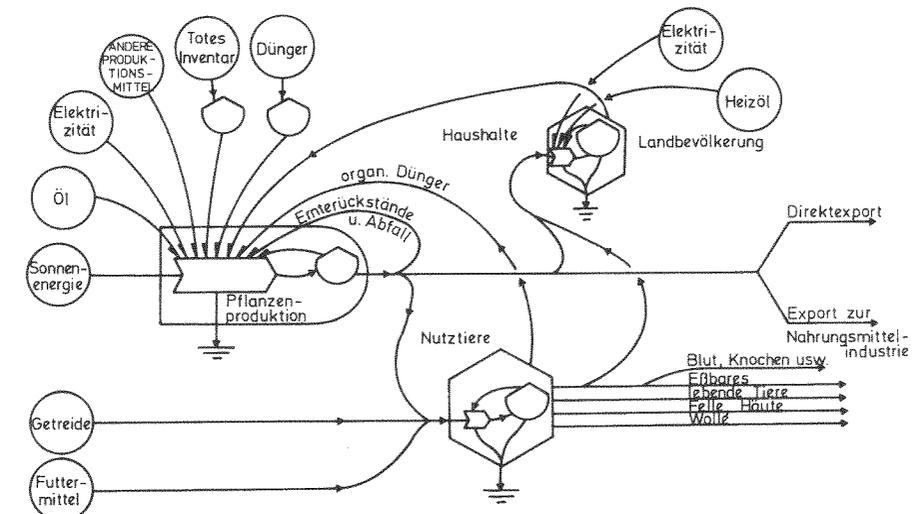


Abb. 2 Agrarlandschaft als Ökosystem (nach Jansson u. Zucchetto, 1978)

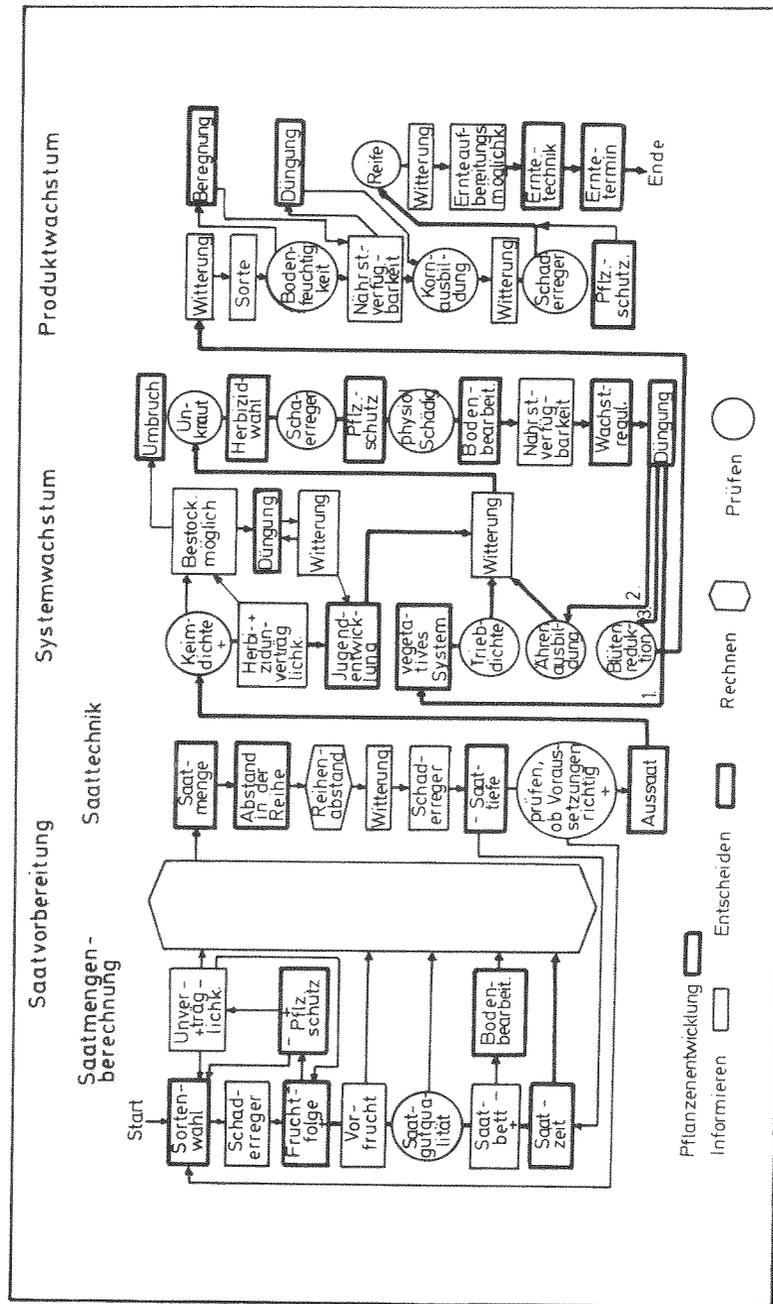


Abb. 3 Flußdiagramm des Weizenanbauverfahrens (nach Heyland 1980)

schiedlich viel Fremdenergie von außen eingeführt. Der größte Teil dieser Energieeinfuhr betrifft direkt die Pflanzenproduktion (siehe Abb. 2). Fremdenergie wird aber auch in die Nutztierhaltung und in die Haushalte eingeführt.

3.1 Regulationsmaßnahmen der Landwirte

Landwirte verstehen ihre Tätigkeit zur Erzeugung von Pflanzenmasse als Acker- und Pflanzenbau. Sie versuchen die Bedürfnisse der Kulturpflanzen möglichst günstig zu gestalten. Die dazu notwendigen Überlegungen, Berechnungen und Entscheidungen sind umfangreich wie aus dem Flußdiagramm der Abbildung 3 ersichtlich ist.

Die hier abgebildeten Einzelschritte sind Bestandteil eines Regelkreises. Die Regulierungen des Agrarökosystems folgen dem Prinzip: Vergleich eines Istwertes mit dem systemtypischen Sollwert und Veränderung einer bestimmten Stellgröße eines Stellgliedes zur Einstellung der Regelgröße. Im Regelzentrum ist hier der Landwirt als Regler tätig. Dieser Landwirt richtet sich nach einer ihm bekannten Führungsgröße. Im Acker-Ökosystem wird diese Führungsgröße vom erzielbaren Höchstertrag und der Ertragsbildung der einzelnen Kulturpflanzenarten im Verlaufe der Vegetationsperiode beeinflusst. Die auf die Landwirtschaft einwirkenden wirtschaftlichen Bedingungen geben den Rahmen für das ökonomisch anzustrebende Ertragsoptimum. Gegenwärtig liegt dieses Optimum deutlich unter dem erzielbaren Höchstertrag. Gekennzeichnet wird der ökonomische Teil der Führungsgröße durch die Deckungsbeiträge der verschiedenen Bodennutzungen als Teil des Betriebseinkommens (siehe Abbildung 4)

Bei der Wahrnehmung einzelner Regulationsmaßnahmen geht der Landwirt als Regler von der Notwendigkeit einer Einstellung optimaler Faktorkombinationen für die Kulturpflanze aus. Er weiß, daß diese Regulation durch Bodenbearbeitung, Bestellung, Düngung und Pflanzenschutzmaßnahmen beeinflusst werden kann und er kennt die verschiedenen Störgößen wie Verunkrautung, Krankheitserreger und Schädlinge. Mit verschiedenen Meßfühlern wird der Istwert bestimmt und sodann im Stellglied die für notwendig gehaltene Stellgröße eingestellt. Auffällig ist bei der genaueren Betrachtung des Flußdiagramms für den Weizenanbau, daß Regulationen, die mit natürlichen Faktoren verbunden sind, kaum hervorgehoben werden. Das war nicht immer so. Noch vor 30 Jahren wurde von vielen Landwirten eine Ausnutzung von Stickstoff angestrebt, der durch Knöllchenbakterien der Leguminosen gebunden wurde. Gerade bei der Grünlanddüngung war das eine sehr wirksame Methode der Sicherung der Stickstoffversorgung der Pflanzen. Damals wurden auch verschiedene Fruchtfolgevorteile zur Verhinderung der Entwicklung von Pflanzenkrankheiten ausgenutzt und verschiedene technische Maßnahmen dienten der Regulierung der Unkrautpopulationen. Mit der geradezu sprunghaften Steigerung der Pflanzenerträge sind die in der Abbildung 4 als Austauschgröße bezeichneten naturorganisierten Regulationen fast vollständig in Vergessenheit geraten.

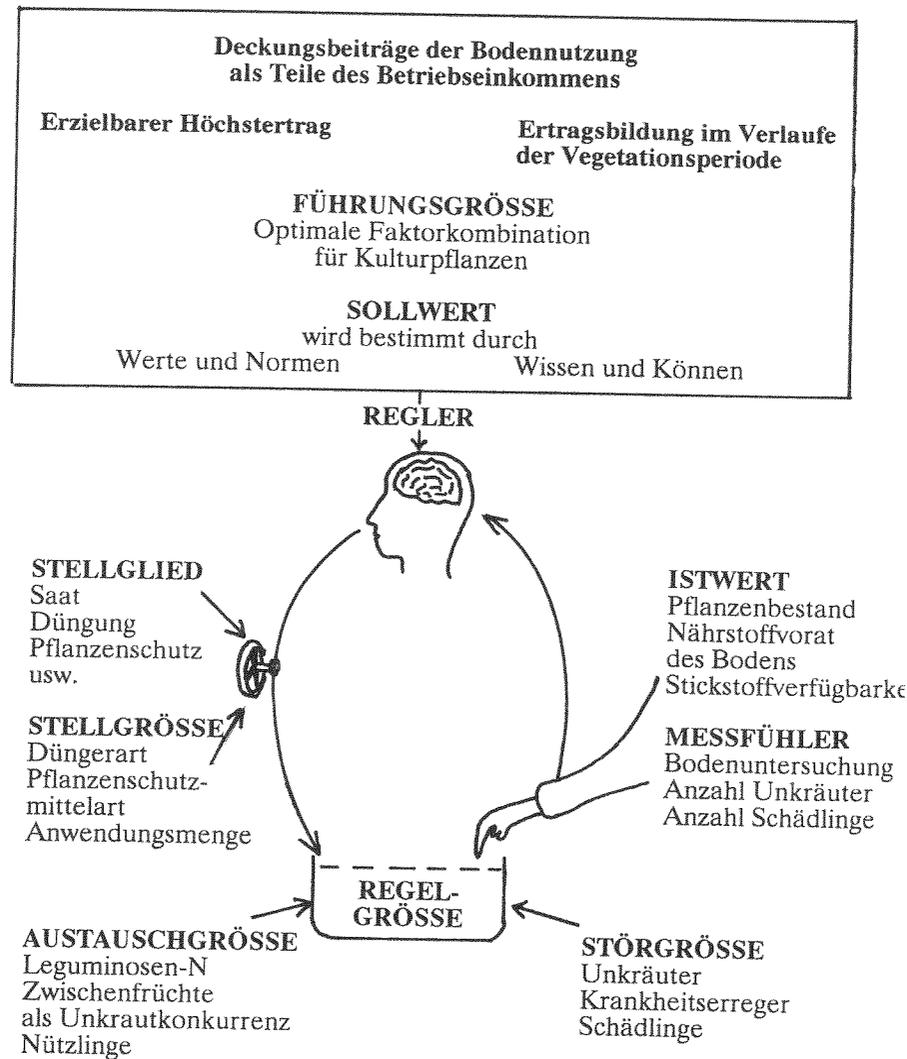


Abb. 4 Regler-Funktionen des Landwirtes im Acker-Ökosystem (Knauer 1993)

3.2 Nebenwirkungen von mechanisch und chemisch bestimmten Regulationsmaßnahmen

Die üblichen mechanischen Regulationsmaßnahmen fördern durch regelmäßige Bodenbearbeitung die Bodenlockerung und beeinflussen alle damit in Verbindung stehenden Prozesse in der durchwurzelbaren Bodenschicht sowie

auf der Bodenoberfläche. Der bearbeitete Standort wird für die sich spontan entwickelnde Vegetation immer wieder in den Zustand gebracht, der für Pioniergesellschaften günstig ist. Als Nebenwirkung der regelmäßigen Bodenlockerung tritt im hängigen Gelände die Bodenerosion durch Niederschlagswasser und auf leichteren Böden die durch Wind ausgelöste Bodenerosion in Erscheinung. Mechanische Regulationen des Acker-Ökosystems bedingen oft auch eine von der Häufigkeit des Fahrverkehrs und dem Gewicht der Maschinen und Geräte sowie vom Feuchtezustand des Bodens zur Zeit des Befahrens abhängige Bodenverdichtung.

Ein typisches Beispiel für Nebenwirkungen der Regulation von Acker-Ökosystemen ist der laterale Stofftransport, bei dem beispielsweise Pflanzennährstoffe auf der Bodenoberfläche und in der Ackerkrume seitlich verlagert werden. Dem Austrag aus der Nutzfläche folgt ein Eintrag in benachbarte naturnahe Ökosysteme, in den meisten Fällen in Fließgewässer, wo die eingetragenen Nährstoffe die Ursache für die verschiedenen Erscheinungen der Eutrophierung sind. Eine Kompensation solcher Nebenwirkungen ist durch die Anlage entsprechend breiter Saumbiotop möglich. In der Tabelle 1 ist die mögliche Filterleistung einiger Saumbiotop aufgeführt. Das Ausmaß der Filterleistung hängt nicht nur von der Breite, sondern auch von Bodenmerkmalen und der Vegetationszusammensetzung ab.

Tab. 1 Filterwirkung einiger Saumbiotop und extrapolierte prozentuale Abnahme der Stoffkonzentration nach 10 und 100 m (nach Knauer und Mander 1989)

Art der Saumbiotop	Erlenbruch			Wiese mit mehreren Zonen			Kohldistel-Wiese			
	gemessen bei	18m	10m	100m	22m	10m	100m	13m	10m	100m
NH ₄ -N	O*	82	65	100	60	45	90	66	59	100
	B*	59	47	94	79	59	100			
NO ₃ -N	O*	61	48	97	58	43	86	73	66	100
	B*	86	69	100	85	64	100			
Ges.-N	O*	71	56	100	82	61	100	65	58	100
	B*	81	65	100	79	59	100			
PO ₄ -P	O*	97	77	100	96	72	100	89	80	100
	B*	100	80	100	100	75	100			
Ges.-P	O*	95	76	100	96	72	100	47	42	85
	B*	100	80	100	100	75	100			

O* = Oberflächenabfluß
B* = im Bodenwasser

Bedeutende Nebenwirkungen gehen von Systemregulationen mit chemischen Mitteln aus, die vorher in der Landschaft gar nicht existierten. Die verschiedenen Pflanzen- und Tierarten konnten gegen solche Mittel überhaupt keine Anpassungsreaktionen entwickeln, so daß z. B. Herbizide nicht nur eine große Anzahl verschiedener Pflanzenarten schädigen, sondern auch direkt auf verschiedene Tierarten schädigend wirken. Die Abbildung 5 zeigt die verschiedenen Pfade der Nebenwirkungen von Herbiziden. Eingesetzt werden sie ausschließlich zur Regulation der Unkrautpopulation. Bei der Entscheidung über ihren Einsatz werden die Folgen von Nebenwirkungen in der Regel überhaupt nicht erwogen, vielen Anwendern sind sie nicht einmal bekannt.

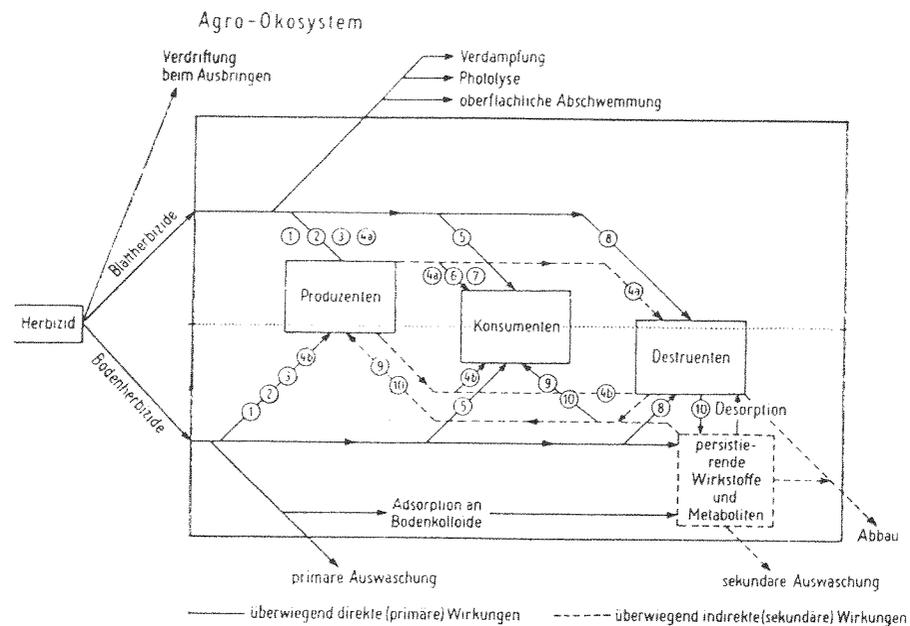


Abb. 5 Direkte und indirekte Wirkungen von Herbiziden in Agrarökosystemen (Mahn 1975)

Blattherbizide: 1 = direkt und vorübergehend (annuell); 2 = direkt und längerfristig (vor allem selektiv bedingt); 3 = indirekt veränderte Krankheitsanfälligkeit; 4a = indirekte Veränderung des Bestandesklimas; 5 = direkte Schädigung durch Herbizid; 6 und 7 = indirekte Wirkung durch Ausfall oder qualitative Veränderung der Nahrung;

Bodenherbizide: 1-3: wie bei Blattherbiziden; 4b = Veränderung des Bodenklimas; 5 = direkte Schädigung durch Herbizid; 8 = veränderte Populationsdynamik der abbauenden Organismen; 9 = als Folge von 8 Veränderung physikalischer und chemischer Bodenfaktoren; 10 = Entstehung von Metaboliten

3.3 Naturorganisierte Regulationen in Agrarökosystemen

Die Bodenbearbeitung ist in Acker-Ökosystemen grundsätzlich nicht von naturorganisierten Regulationen ablösbar. Durch Übergang auf besonders bodenschonende Verfahren und Ausnutzung von Vorfruchteffekten artenreicherer Fruchtfolgen können jedoch einige negative Einwirkungen deutlich verringert werden. Als bodenschonende Bodenbearbeitungsverfahren gelten die Lockerboden-Mulchwirtschaft, bei der nach einer Stoppelbearbeitung mit dem Schälppflug die Grundbodenbearbeitung durch Schwergrubber, Rüttelgrubber oder Zweischichtengrubber erfolgt. Auch die Festboden-Mulchwirtschaft, bei der die Bodenbearbeitung ganz ohne Pflug erfolgt und daher die Erntereste auf der Oberfläche verbleiben bzw. nur in die oberste Bodenschicht eingearbeitet werden, ist ein bodenschonendes Verfahren. Hier erfolgt die Bestellung der Folgekultur dann mit einer Mulch-Sämaschine. Bei diesem Verfahren wird nicht nur die Regenwurmpopulation begünstigt, sondern auch andere Arten der Bodenbiozönose.

Deutliche naturorientierte Regulationen von Acker-Ökosystemen sind im Kompartiment der Phytophagen und Zoophagen möglich. An Kulturpflanzen saugende Blattläuse werden der Gruppe der Schädlinge zugeordnet und sie werden i. d. R. mittels Insektiziden bekämpft. Für die Bekämpfung solcher Schädlinge haben sich inzwischen wirtschaftliche Schadensschwelen durchgesetzt. Je nach Blattlausart und Zeitpunkt des Vorkommens auf der Kulturpflanze gelten unterschiedliche Werte. Bei Getreide wird eine Bekämpfung der Blattläuse bei einem Befall von mehr als 20 % der Halme zur Zeit des Ährenschiebens bis zu 80 % der Halme zur Zeit der Milchreife empfohlen. Vergleichbare Werte gibt es auch für andere tierische Schaderreger. Nun haben Blattläuse in der Natur verschiedene Feinde, etwa Marienkäfer und deren Larven, Schwebfliegen- und Florfliegenlarven sowie verschiedene Laufkäfer. Diese Arten werden wegen ihrer Vorliebe für Blattläuse auch als aphidophage Räuber bezeichnet. Solche Räuber leben nicht nur von Blattläusen, die an Kulturpflanzen schädigend wirken. Je besser sich solche Räuber entwickeln können, umso eher reduzieren sie auch die Population derjenigen Blattläuse, die in Kulturpflanzenbestände einwandern. Zählt man als Ausdruck der Aktivität von Schwebfliegenlarven in Winterweizenbeständen die Kotflecken dieser Art, dann ergibt sich das Bild der Abbildung 6.

Wo viele Schwebfliegen aktiv waren, wurden deutlich weniger Blattläuse gefunden als wo wenig Schwebfliegenlarven tätig waren. Schwebfliegen als Arten der natürlichen Fauna haben hier eine eigenständige Regulationsleistung erbracht. Das ist auch für andere Arten nachgewiesen, z. B. für die große Zahl von Laufkäferarten unserer Äcker. Aus der Häufigkeit des Vorkommens von aphidophagen Räubern und der Blattlausdichte konnte ermittelt werden, daß bei einem Räuber-Beute-Verhältnis von 1 : 40-80 eine gezielte Bekämpfung der Getreideblattläuse überflüssig ist. Die Übernahme solcher naturorganisierten Regulationen in der Regulationsprozeß von Ackerökosystemen setzt die Gewinnung eines besonderen Wissens und Könnens voraus.

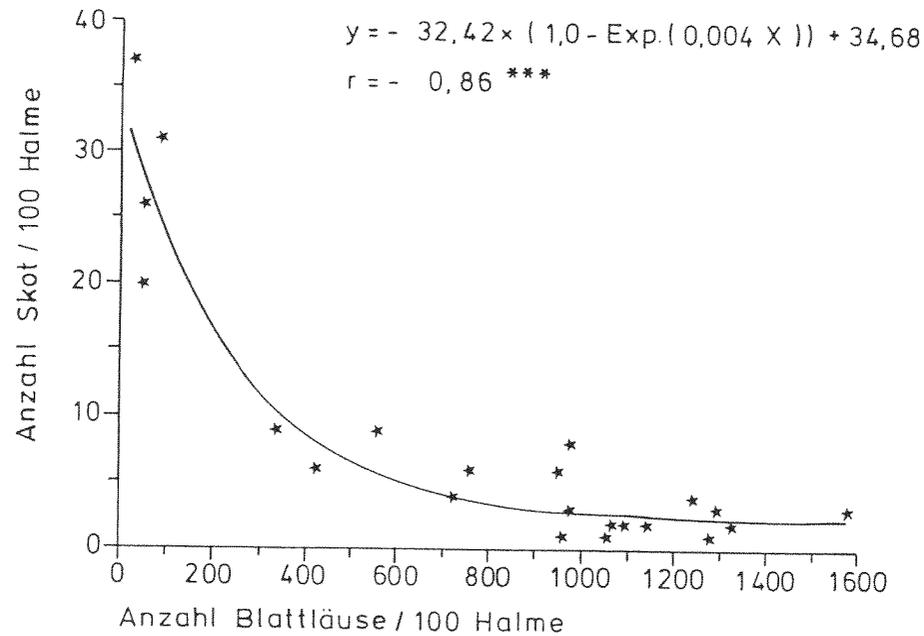


Abb. 6 Beziehung zwischen der Anzahl von Getreideblattläusen und Kotflecken von Schwebfliegen im Winterweizen (Storck-Weyhermüller und Schmutterer 1990)

3.4 Abhängigkeit von naturorganisierten Regulationen von der Struktur der Agrarlandschaft

Die einzelnen Räuber finden ihre Nahrung nur in einer begrenzten Zeit innerhalb des Acker-Ökosystems, in den anderen Zeiten sind sie auf Nahrung außerhalb der Nutzflächen angewiesen. Naturorientierte Regulationen sind also nur in Landschaften mit genügend dichter Struktur naturnaher Lebensräume außerhalb der Ackerflächen möglich. In der schleswig-holsteinischen Ackerlandschaft haben die Knicks als Teillebensraum verschiedener Nützlinge des Acker-Ökosystems eine große Bedeutung. Die Abbildung 7 zeigt die Vielfalt an Ursachen für die Wanderbewegungen von Tieren zwischen Feld, Hecke und Altgrasbestand.

Hecken, Feldraine, verschiedene Altgrasbestände sowie andere Saumbiotop sind für viele räuberisch lebende Insektenarten der entscheidende Überwinterungslebensraum. Hier finden sie im Frühjahr ein reichliches Nahrungsangebot und können ihre Population wieder aufbauen. Hier wirken sie auch schon regulierend auf verschiedene Schädlinge, die ebenfalls hier überwintern haben.

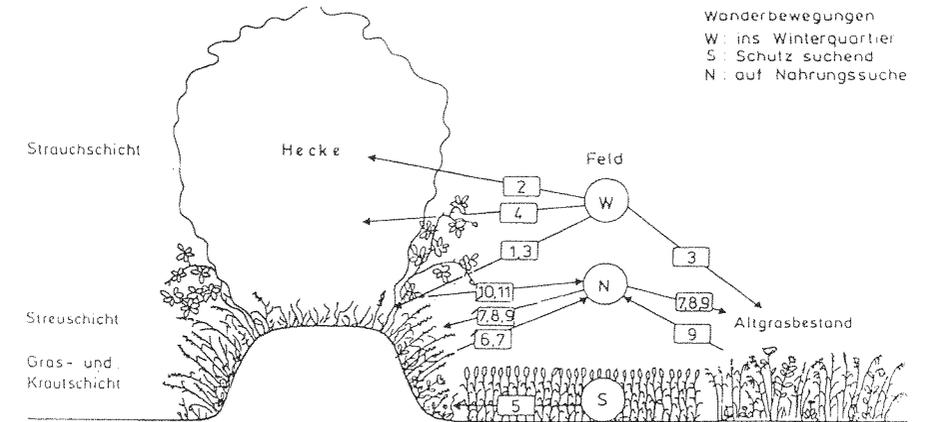


Abb. 7 Wanderbewegungen von Tieren zwischen Feld, Hecke und Altgrasbestand (Knauer und Schröder 1988)

1 – 9: Feldbewohner, die in der Streuschicht (1), an Bäumen und Sträuchern (2), in der Streuschicht oder an Gräsern (3) überwintern, die als Parasiten in der Hecke Winterwirte finden (4), die vorübergehend in der Hecke Schutz suchen (5), denen die Hecke die Aktivitätszeit verlängert (6), die im Frühjahr und Herbst in/an der Hecke oder im Altgrasbestand Nahrung finden (7), die bei Nahrungsmangel auf dem Feld in die Hecke oder in den Altgrasbestand wandern (8), deren Imagines Blüten als Nahrung benötigen (9).

10 – 11: Heckenbewohner, die Streifzüge ins Feld unternehmen (10), die Nahrung vor allem außerhalb der Hecke suchen (11).

Manche Nützlinge sind wegen der Ausbildung ihrer Mundwerkzeuge auf ein besonderes Nahrungsangebot angewiesen. Die vielfach beschriebene enge Bindung verschiedener Insektenarten an bestimmte Pflanzenarten hängt teils mit der Entwicklung der Nahrung und der Insekten zusammen, in vielen Fällen auch mit der morphologischen Anpassung der Mundwerkzeuge an bestimmte Blütenformen. Schwebfliegen, deren Larven sich räuberisch von Blattläusen ernähren, nehmen Pollen als Eiweißnahrung und Nektar als Energienahrung auf. Die Arten mit blattlausverzehrenden Larven bevorzugen Blüten der Umbelliferen und verschiedener Kompositen. Wenn also Schwebfliegen im Acker-Ökosystem als natürliche Regulatoren von Blattläusen wirksam werden sollen, müssen die für ihre Leben notwendigen Landschaftstrukturen sowie ein adäquates Blütenangebot vorhanden sein. Obwohl Schwebfliegen als gute Flieger ihre Nahrung in ganz verschiedenen Biotopen aufsuchen können, bevorzugen nahrungssuchende Tiere das gehäufte Blütenangebot am Feldrand und eiablegebereite Weibchen orientieren sich nach blühenden Nahrungspflanzen in und am Rande von Kulturpflanzenbeständen. Erwartungsgemäß werden bei Zählungen von Schwebfliegen auf unterschiedlich breiten Feldrainen von Mai bis September auf den breiteren Feldrainen deutlich höhere Individuendichten ermittelt als auf nur schmalen Rainen oder auf blütenarmer Vegetation. Es besteht dabei eine enge Beziehung zwischen dem Angebot an Blüthenahrung

und der Populationsdichte (Molthan und Ruppert 1988). Daraus läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß zur Förderung von naturorientierten Regulationen zuerst die ökologische Basis geschaffen werden muß.

Eine größere Anzahl von Saumbiotopen und deren Vernetzung in einem Biotop-Verbundsystem sind die Grundlage für naturorientierte Regulationen von Agrarökosystemen. Anzustreben ist die Entwicklung von Landschaften mit gebietstypischen Strukturelementen in so großer Dichte, daß die Zwischenräume von den verschiedenen Tieren dieser Landschaft ohne Schwierigkeit überwunden werden können. Die Einzelfeldgrößen solcher Landschaften sind damit zwangsläufig begrenzt. Für die Bearbeitung, Bestellung und Ernte von Ackerfeldern sind Schlaglängen von mehr als 600 m ungünstig. Damit haben wir für die Bestimmung der günstigen Feldergröße ein erstes Maß. Für die verschiedenen Tierarten lassen sich flächenhafte Barrieren durch Ackerfelder nur vermeiden, wenn die Felderbreite zwischen zwei begrenzenden Saumbiotopen nicht wesentlich über 200 m anwächst. Das ist eine zweite Maßzahl für die Bestimmung der Feldergröße. Die Einzelfeldgröße wird damit auf rund 12 bis 15 ha begrenzt. Saumbiotope an der Längsseite solcher Felder sollten als Hecke wenigstens 3 bis 4 m breit und an jeder Seite zusätzlich von einer 1,5 bis 2 m breiten Kompensationszone begleitet sein und in dieser Begleitzone müssen sich die Pflanzen wenigstens bis zur Vollblüte entwickeln können. Es müssen nicht immer Hecken sein, breitere und sich belastungsfrei entwickelnde Feldraine haben auch eine große ökologische Bedeutung.

Deutlich breitere Saumbiotope, als sie unseren Knicks entsprechen, erfüllen mehr als nur eine agrarökologische Leistung. Solche Saumbiotope erbringen eine wichtige landschaftsökologische Leistung. Hier wird ein großes biotisches Regenerationspotential erhalten. Da die Erhaltung dieses Potentials bisher nicht Gegenstand der landwirtschaftlichen Bodennutzung war, kann man von positiven externen Effekten sprechen, die hier von der Landwirtschaft ausgelöst werden können. Über das Instrument einer Honorierung ökologischer Leistungen der Landwirtschaft lassen sich solche externen Effekte internalisieren und dauerhaft sichern (Knauer 1992a, 1992b). Gleichzeitig werden naturorientierte Regulationen von Acker-Ökosystemen gefördert und damit das Umweltbelastungspotential der landwirtschaftlichen Bodennutzung gesenkt.

Zusammenfassung

In vielen Landschaften wird der größte Teil der Fläche landwirtschaftlich genutzt. Ökologisch ist das mit einer Fremdregulierung der meisten Wechselbeziehungen der Lebewesen und der abiotischen Umwelt verbunden. In Agrar-Ökosystemen fungiert der Landwirt als Regler. Die Sensibilität der einzelnen Regulationen hängt einerseits von Werten und Normen der Landwirte und andererseits vom Wissen und Können ab. Dabei spielen neben Kenntnissen über die optimale Faktorkombination für das Wachstum der Kulturpflanzen die Reaktionsfähigkeit vorhandener Meßfühler sowie die vorhandenen Stellgrößen

und deren Einstellgenauigkeit eine Rolle. Verschiedene Maßnahmen der Regulation von Agrarökosystemen sind mit Nebenwirkungen verbunden.

Weil Nebenwirkungen ökologische Nachteile haben, ist eine Verbesserung der Ausnutzung naturorientierter Regulationen im Agrarökosystem wichtig. Naturorganisierte Regulationen sind bisher vor allem für den Komplex Schädlinge – Nützlinge bekannt. Hier ist sogar ein Verhältniswert für die Räuber-Beute-Dichte bekannt, von dem ab eine Fremdregulation nicht mehr notwendig ist.

Naturorganisierte Regulationen sind vom Vorhandensein und der räumlichen Verteilung naturnaher Lebensräume für die Nützlinge abhängig. Dabei spielt auch die Detailsausstattung solcher Saumbiotope eine große Rolle. Für Schwebfliegen sind beispielsweise besondere Blumentypen als Nahrungsquelle notwendig. Wo Saumbiotope belastungsfrei und in genügender Breite erhalten werden, können naturorganisierte Regulationen auch bei Einzelfeldgrößen von mehr als 10 Hektar wirkungsvoll sein. Eine Förderung solcher Landschaftsstrukturen wird über das Instrument der Honorierung ökologischer Leistungen empfohlen.

Literatur

- HEYLAND, K.-U., (1980): Das Weizenanbauverfahren dargestellt als auf der Basis der Einzelpflanzenentwicklung aufgebautes Flußdiagramm. KALI-Briefe 15, 99-108
- JANSSON, A.-M. & ZUCCHETTO, J., (1978): Energy, Economic and Ecological Relationships for Gotland, Sweden. A Regional System Study. Ecological Bulletins No. 28. Swedish Natural Science Research Council, Stockholm
- KNAUER, N., (1992a): Honorierung „ökologischer Leistungen“ nach marktwirtschaftlichen Prinzipien. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 33, 65-76.
- KNAUER, N., (1992b): Die Internalisierung positiver externer Effekte – ein Stiefkind der umweltpolitischen Diskussion. Informationen zur Raumentwicklung, H. 2/3. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn
- KNAUER, N. (1993): Ökologie und Landwirtschaft. Situation – Konflikte – Lösungen. E. Ulmer, Stuttgart
- KNAUER, N. und MANDER, Ü., (1989): Untersuchungen über die Filterwirkung verschiedener Saumbiotope an Gewässern in Schleswig-Holstein. 1. Mitt.: Filterung von Stickstoff und Phosphor. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 30, 365-376
- KNAUER, N. und SCHRÖDER, H., (1988): Bedeutung von Hecken in Agrar-Ökosystemen. Schriftenreihe Angewandte Wissenschaft des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 365: Schonung und Förderung von Nützlingen, 3-30. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup
- MAHN, E.-G., (1973): Zum Einfluß von Herbiziden auf Agro-Ökosysteme. In Schubert, R., Hilbig, W. und Mahn, E.-G. (Hrsg.): Probleme der Agrogeobotanik. Wiss. Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 131-137
- MOLTHAN, J. und RUPPERT, V., (1988): Zur Bedeutung blühender Wildkräuter in Feldrainen und Äckern für blütenbesuchende Nutzinsekten. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Heft 247, 85-99. Verlag P.Parey, Berlin und Hamburg

SCHREIBER, K.-F., (1980): Entstehung von Ökosystemen und ihre Beeinflussung durch menschliche Eingriffe. In „Eine Welt – darin zu leben“. Minister f. Umwelt d. Saarlandes. Saarbrücken

STORCK-WEIHERMÜLLER, S. und SCHMUTTERER, H., (1990): Einfluß natürlicher Feinde auf die Populationsentwicklung der Getreideblattläuse und Wirkung niedriger Insektiziddosierungen auf Blattläuse und deren spezifische Räuber im Winterweizen. DFG-Forschungsbericht Integrierte Pflanzenproduktion, 91-107, VCH-Verlag, Weinheim

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Norbert Knauer
Buschberg 8
24161 Altenholz