

# Komplexe Wirkung von Betriebs- und Standortbedingungen auf den Umfang des chemischen Pflanzenschutzes bei den Hauptfeldfrüchten<sup>1)</sup>

ALEX HILDEBRANDT, WILFRIED HAMMER und RALF GIESECKE-SCHWERDT

Institut für Betriebstechnik

## 1 Einleitung und Zielsetzung

Die im Hinblick auf die Umweltbelastung vielfach kritische Betrachtung des chemischen Pflanzenschutzes bedarf einer sachgerechten Beurteilung. Als Beurteilungskriterien eignen sich vor allem die Häufigkeit der Behandlungen und die Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln bei den einzelnen Fruchtarten und den verschiedenen Betriebs- und Standortbedingungen.

Basis für die Erarbeitung detaillierter und aussagefähiger Informationen über die Pflanzenschutzmaßnahmen im Ackerbau sind Umfragen zum Pflanzenschutzmittelverbrauch in der Landwirtschaft der Jahre 1977 bis 1979 und 1987. Eine vergleichende Analyse dieser Erhebungen erfolgte bisher vorwiegend einfaktoruell anhand der Betriebsgröße und in begrenztem Umfang nach Regionen (Hildebrandt et al., 1989).

Mit einer multiplen und simultanen Analyse aller erfaßten Einflußgrößen soll deshalb die bisherige Auswertung erweitert und vertieft werden. Dazu wurden mit den Einflußgrößen *Betriebsgröße, Anbauanteil, Bodenklima- bzw. Ackerzahl, durchschnittliche Jahrestemperatur und Jahresniederschläge* und den Zielgrößen *Behandlungshäufigkeit* und *Aufwandmenge an Wirkstoffen* multiple Regressionsrechnungen bei den wichtigsten Fruchtarten durchgeführt. Die Wirkung dieser Betriebs- und Standortfaktoren während des Erhebungsjahres 1987 steht nachfolgend im Vordergrund.

Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, die Schwerpunkte des chemischen Pflanzenschutzes und seine Abhängigkeit von der Fruchtart in Verbindung mit den erfaßten Betriebs-, Boden- und Klimaverhältnissen deutlich zu machen.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Material

Ausgangspunkt und ursprüngliche Grundlage der Untersuchungen war eine "Umfrage zum Pflanzenschutzmittelverbrauch in der Landwirtschaft", die von der Biologischen Bundesanstalt in den Jahren 1977 bis 1979 jährlich in 1 600 Betrieben durchgeführt wurde (BBA, Hille, 1977 bis 1979). Diese bisher umfangreichste bekanntgewordene Erhebung erstreckte sich auf alle Gebiete der Bundesrepublik und alle Betriebsgrößen entsprechend ihrem Flächenanteil. Aus dieser Umfrage standen 70 650 Behandlungen bei 17 Feldfrüchten, mit denen bundesweit 98,6 % des Ackerlandes genutzt werden, zur Verfügung. Zur Aktualisierung dieser Unterlagen hat die Biologische Bundesanstalt 1987 in 500 der 1977 bis 1979 befragten Betriebe, die nach dem Zufallsprinzip ausgewählt wurden, eine Nacherhebung durchführen können (BBA, Hille, 1987; Hille, 1988). Dabei wurden 10 760 Behand-

lungen bei 18 Fruchtarten, deren Anbau 97,5 % des Ackerlandes der Bundesrepublik einnahm, erfaßt.

Vom Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft wurden diese Daten für jeden Betrieb durch wichtige Betriebs- und Standortfaktoren wie Anbauverhältnis, Bodenklima- bzw. Ackerzahl, langjähriges Mittel der Jahresniederschläge und der durchschnittlichen Jahrestemperatur ergänzt. Die in die Erhebungen einbezogenen Betriebe waren im Sinne einer geschichteten Stichprobe jeweils so verteilt, daß alle wesentlichen strukturellen und regionalen Unterschiede entsprechend vertreten waren.

### 2.2 Methode

Der Umfang des chemischen Pflanzenschutzes wird durch die Behandlungshäufigkeit und die Aufwandmenge an chemischen Pflanzenschutzmitteln (Zielgrößen) charakterisiert.

Unter Behandlungshäufigkeit wird die Zahl der Behandlungen einer Fruchtart während ihrer Vegetationszeit mit den einzelnen Pflanzenschutzmitteln (Präparate) verstanden, unabhängig von der Konzentration und der Mischung mit anderen Präparaten (z.B. zweigeteilte Anwendung eines Mittels = 2, Tankmischung mit 3 Mitteln = 3 Häufigkeiten, Ausbringen eines Präparates mit 2 Wirkungsbereichen = 1 Häufigkeit). Die den folgenden Berechnungen zugrundeliegende Behandlungshäufigkeit ist der Quotient aus der Fläche aller Behandlungen (Behandlungsfläche) und der Anbaufläche je Fruchtart und Betrieb.

Die Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln bezieht sich auf deren Wirkstoffmenge in kg je ha und Jahr. Die Aufwandmenge für die multiplen Regressionsrechnungen ist der Quotient aus der Wirkstoffmenge aller Behandlungen und der Anbaufläche je Fruchtart und Betrieb. Saatgutbehandlungsmittel blieben bei diesen Untersuchungen unberücksichtigt, weil 1982 die quecksilberhaltigen Beizmittel durch quecksilberfreie abgelöst wurden und damit ein unmittelbarer Vergleich zwischen beiden Erhebungszeiträumen nicht möglich war.

Die multiplen Regressionsanalysen erstreckten sich auf folgende acht Fruchtarten: Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Roggen, Hafer, Kartoffeln, Zuckerrüben sowie Grün- und Silomais. Dabei handelte es sich um Feldfrüchte, deren Anteil an der Ackerfläche des Bundesgebietes in beiden Erhebungszeiträumen mindestens 3 % betrug.

Die dominierende Kultur des Ackerfutterbaues, der Grün- und Silomais mit einem Anteil an der Ackerfläche von 9,1 % 1977 bis 1979 und 13,3 % 1987, konnte aber nicht in die Betrachtungen einbezogen werden, da sowohl in der Behandlungshäufigkeit als auch in der Aufwandmenge weder 1977 bis 1979 noch 1987 von keinem der fünf untersuchten Einflußgrößen eine Wirkung nachzuweisen war. Gleiches traf in der Nacherhebung 1987 auch für Sommergerste zu.

<sup>1)</sup> Diese Untersuchungen wurden von der DFG, dem BMFT und dem BML finanziell unterstützt.

Neben der Fruchtart wird der Umfang des chemischen Pflanzenschutzes durch Betriebs- und Standortbedingungen beeinflusst. Von ihnen konnten in die multiplen Regressionsanalysen folgende als Einflußgrößen einbezogen werden:

- Betriebsbedingungen
  - die Betriebsgröße in ha LF,
  - der Anbauanteil der jeweiligen Fruchtart an der Ackerfläche innerhalb des einzelnen Betriebes,
- natürliche Standortbedingungen (Boden und Klima)
  - die Bodenklimazahl auf Kreisebene 1977 bis 1979 und die Ackerzahl auf Betriebsebene 1987 (Angaben zur Ackerzahl wurden von 70 % der Betriebe gemacht).
  - das langjährige Mittel der durchschnittlichen Jahrestemperatur in °C und
  - das langjährige Mittel der Jahresniederschläge in mm.

Die Angaben zu diesen beiden Klimafaktoren waren ebenso wie die Bodenklimazahl Durchschnitte des Kreises, zu dem der erfaßte Betrieb gehörte.

Die beiden Zielgrößen Behandlungshäufigkeit und Aufwandmenge beziehen sich bei den sieben untersuchten Fruchtarten auf "Pflanzenschutzmittel insgesamt", d.h. auf alle eingesetzten Pflanzenschutzmittel ohne Unterscheidung nach Wirkungsbereichen oder gar Wirkstoffen.

Lediglich eine weitergehende Analyse zur differenzierten Betrachtung des chemischen Pflanzenschutzes bei Winterweizen erfolgte auf der Basis von Wirkungsbereichen. Diese Untersuchung erstreckte sich auf die Wirkungsbereiche Herbizide, Fungizide, Insektizide und Wachstumsregler.

Die übrigen Wirkungsbereiche Nematizide, Molluskizide, Rodentizide und Mittel zur Verhütung von Wildschäden (Repellents) spielten bei Winterweizen keine Rolle und wurden im übrigen Ackerbau auch nur vergleichsweise selten angewendet.

Da die verschiedenen Einflußgrößen zur Charakterisierung der Betriebs- und Standortbedingungen ihren Einfluß auf die Zielgrößen gleichzeitig und untereinander verknüpft ausüben, kommen für diese Untersuchungen multiple Regressionsanalysen in Frage. Bei biologischen Prozessen sind die Zusammenhänge von Einflußgrößen und Zielgröße im allgemeinen nicht linear. Es wurden deshalb vornehmlich zwei nicht-lineare Funktionsansätze benutzt, nämlich die Exponential- und die Potenzfunktion:

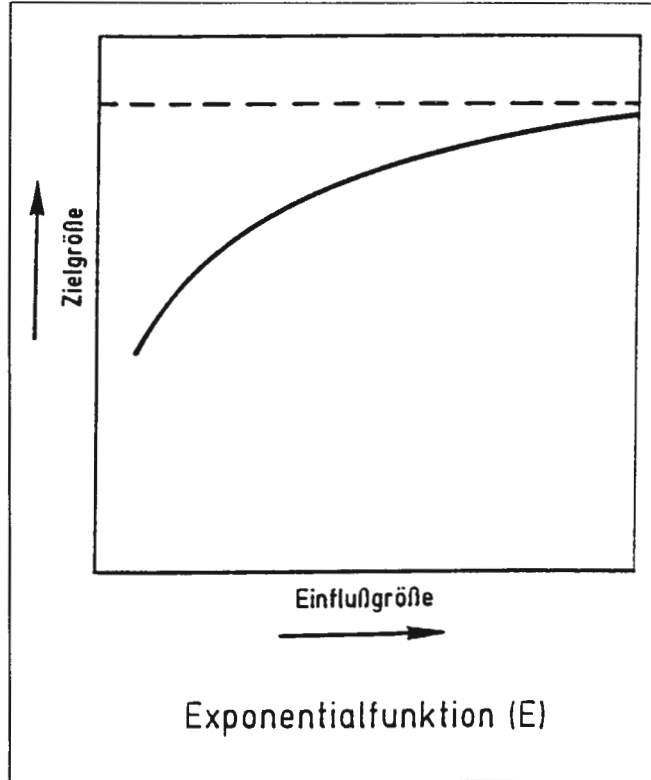
• Exponentialfunktion

$$y = b(1 - e^{-(x/c)})$$

Diese spezielle Exponentialfunktion wird wegen ihres Verlaufes im weiteren auch als Sättigungsfunktion bezeichnet, falls  $b > 0$  ist. Das folgende Beispiel soll den Verlauf dieser Funktion anhand des Schaubildes (siehe oben) verdeutlichen:

Mit zunehmender Einflußgröße (z.B. Betriebsgröße) steigt die Zielgröße (z.B. Behandlungshäufigkeit) zunächst steil an, nimmt dann immer weniger zu und erhöht sich schließlich fast nicht mehr. Sie läuft waagrecht asymptotisch aus.

Die verschiedenen Ursachen für den Verlauf gemäß einer Sättigungsfunktion liegen vor allem in der unterschiedlichen Intensität des Pflanzenschutzes, die sich mit der Betriebsgröße ändert:



- Je kleiner ein Betrieb ist, um so ungünstiger ist das Aufwand-Ertragsverhältnis.
- Unter den kleineren Betrieben ist der Anteil der Nebenerwerbslandwirte vergleichsweise hoch. Sie können oft nur seltener und zu weniger günstigen Terminen ihre Kulturen behandeln.
- Kleinere und mittelgroße Betriebe sind vielfach Gemischtbetriebe. Bei ihnen konkurrieren andere Betriebszweige um die verfügbaren Kapazitäten.
- Dagegen kann in Großbetrieben mit i.d.R. hohem Ackerbauanteil der Landwirt seine speziellen Kenntnisse und Erfahrungen sowie seine Betriebsmittel mit hohem Grenznutzen einsetzen.

• Potenzfunktion

$$y = bx^c$$

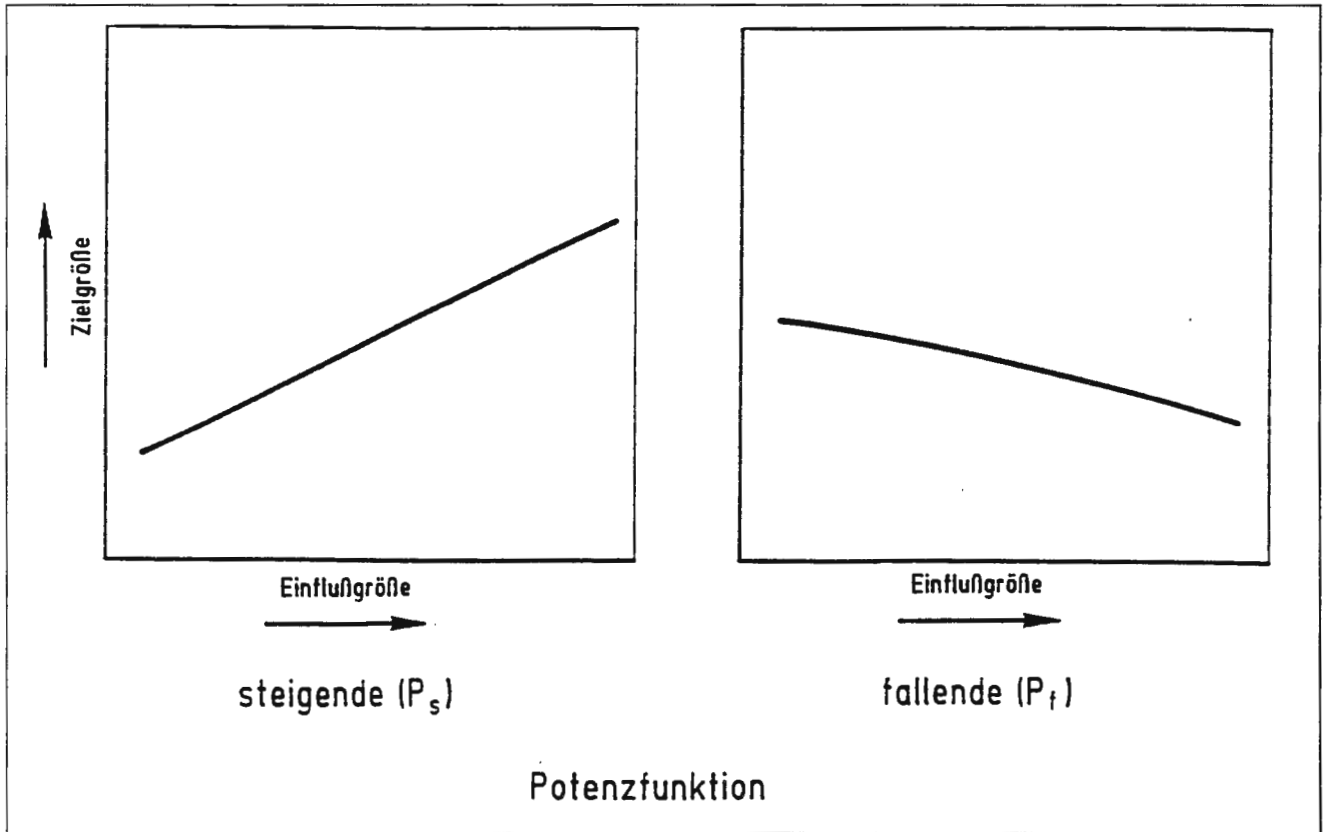
Während der Untersuchungen traten vor allem zwei Typen von Potenzfunktionen auf, die im folgenden mit steigender Potenzfunktion ( $P_s$ ) und fallender Potenzfunktion ( $P_f$ ) bezeichnet werden.

Die steigende Potenzfunktion, deren Koeffizient  $b > 0$  ist, kam in zwei Ausprägungen vor (Bild siehe Seite 30):

- Mit steigender Einflußgröße nimmt die Änderung der Zielgröße stetig zu, gekennzeichnet durch den Exponenten  $c > 1$ , oder stetig ab, wobei  $0 < c < 1$  ist.

Da mit der realen Spannweite der Einflußgröße nur ein Ausschnitt aus der Gesamtfunktion dargestellt wird, verläuft dieser Teil häufig annähernd linear oder mit schwach ausgeprägter Krümmung. Durch diese schwache Ausprägung der Krümmung ist eine Interpretation häufig nur für die Steilheit der Kurve möglich. Daher lassen sie sich gemeinsam wie folgt interpretieren:

- Mit steigender Einflußgröße (z.B. Ackerzahl) nimmt die Zielgröße (z.B. Aufwandmenge) stetig leicht zu.



- Ursachen hierfür liegen in der intensiveren Bewirtschaftung von Böden mit höherer Ackerzahl, die in einem umfangreicheren Pflanzenschutz zum Ausdruck kommt.

Die fallende Potenzfunktion mit  $b < 0$  führt bei steigender Einflußgröße (z.B. bei Jahresniederschlägen) zu einem leichten Abfallen der Zielgröße (z.B. Behandlungshäufigkeit). Auch diese Kurven verliefen immer annähernd linear (vgl. Begründung bei  $P_s$ ). Die Ursache ist eine Abnahme der Bewirtschaftungsintensität in regenreichen Gebieten.

Die Regressionsanalysen wurden mit den Programmen NONL (1967) und NEW REGRESSION (1983) durchgeführt sowie mit CROSSTABS (1983) vorbereitet. Die Aufgabe multipler Regressionsanalysen ist

- zu prüfen, welche Einflußgrößen entweder eine wesentliche oder eine unwesentliche Wirkung auf die Zielgröße ausüben und
- für die Gesamtheit dieser ausgewählten wesentlichen Einflußgrößen ein mathematisches Modell zu bilden, wie es im folgenden formuliert ist:

Zielgröße  $n_B$  bzw.  $m_B$

= Funktion von Einflußgrößen  
 =  $f(A_{LF}, AFV, t, h_N, BKZ^* \text{ bzw. } AZ^*)$

Dabei bedeuten:

- $n_B$  = Behandlungshäufigkeit/Jahr
- $m_B$  = Aufwandmenge an Wirkstoffen  $kg/(ha \cdot \text{Jahr})$
- $A_{LF}$  = Betriebsgröße in ha der landwirtschaftlich genutzten Fläche

- AFV = Anbauanteil der betreffenden Fruchtart am Ackerland in %
- t = mittlere Jahrestemperatur in °C (langjähriges Mittel)
- $h_N$  = Höhe der Niederschläge/Jahr in mm (langjähriges Mittel)
- BKZ = Bodenklimazahl (1977 bis 1979, Kreisdurchschnitt)
- AZ = Ackerzahl (1987, Betriebsdurchschnitt)

Mit solch einem Modell kann man die komplexe Wirkung der verschiedenen Einflußgrößen quantitativ beschreiben und abbilden. Dieses Modell kann außerdem als Rechenanleitung benutzt werden, um für jede beliebige Faktorenkombination innerhalb des in der Wirklichkeit vorkommenden Bereiches die Zielgröße berechnen zu können.

Diese Regressionsgleichungen sind aber wenig anschaulich. Deshalb wird die partielle Wirkung jeder einzelnen Einflußgröße innerhalb der verschiedenen multiplen Regressionsgleichungen in einer Kurve dargestellt. Dabei wird der betreffende Faktor innerhalb seiner in der Wirklichkeit vorkommenden Spannweite variiert und mit Hilfe seiner Regressionsfunktion der Kurvenverlauf berechnet. Alle anderen Faktoren innerhalb derselben Regressionsgleichungen werden jeweils im Bereich ihres Mittel- oder häufigsten Wertes konstant gehalten.

Als konstante Werte wurden festgelegt:

Betriebsgröße	30 ha LF
Anbauanteil	25 %**)
Ackerzahl	40
Langjähriges Mittel der $\varnothing$ Jahrestemperatur	8° C
Langjähriges Mittel der Jahresniederschläge	700 mm

\* ) BKZ 1977 bis 1979, AZ 1987

\*\* ) Hafer = 10 %

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Veränderungen im chemischen Pflanzenschutz des Ackerbaues von 1977 bis 1979 zu 1987

Die erste Auswertung der Erhebungsdaten erfolgte mit Hilfe einer einfaktoriellen Analyse anhand der Betriebsgröße. In diese Analyse wurden alle erfassten Fruchtarten einbezogen, um die Veränderungen des chemischen Pflanzenschutzes, auf den gesamten Ackerbau bezogen, seit dem Ende der 70er Jahre bis 1987 zu ermitteln (Hildebrandt et al., 1989). Die wichtigsten Veränderungen waren:

Die *Behandlungshäufigkeit* hat bei den meisten Fruchtarten - mit Ausnahme des Hafers und Silomais - zugenommen. Besonders auffallend ist die Verdoppelung der Behandlungshäufigkeiten bei Kartoffeln und Winterweizen; aber auch bei Wintergerste und Roggen ist die Zahl der Behandlungen auf das 1,6fache gestiegen. Bei diesen Fruchtarten wird der weitaus größte Anteil der gestiegenen Häufigkeit durch die Zunahme der Anwendungen von Fungiziden bedingt.

Bei Zuckerrüben hingegen, deren Behandlungshäufigkeit auch auf das 1,5fache gestiegen ist, wurde die gleichgebliebene Aufwandmenge - insbesondere die der Herbizide - mit über einhalbmal mehr Behandlungen ausgebracht. Unter Berücksichtigung des Anbauanteiles der einzelnen Fruchtarten ist im Mittel aller Feldfrüchte und Betriebsgrößen dadurch die Behandlungshäufigkeit von 2,0 auf 3,5 - also das 1,7fache - gestiegen.

In der *Aufwandmenge* - die sich in der einfaktoriellen Analyse auf Präparate bezieht - traten vier wesentliche Unterschiede der Veränderung von 1977 bis 1979 zu 1987 auf, und zwar

1. sehr starke Zunahme bei Kartoffeln und Winterweizen auf 200 bzw. 170 %,
2. geringe Zunahme auf 120 % bei Wintergerste und Roggen,
3. gleichgebliebene Aufwandmengen bei Zuckerrüben, Sommergerste und Hafer und
4. Rückgang der Aufwandmengen auf 80 % bei Raps und 90 % bei Silomais.

Die Zunahme ist auch hier vor allem auf den verstärkten Fungizideinsatz zurückzuführen. Die Fungizide erreichen eine Steigerung bei Winterweizen auf das 5,5fache und bei Kartoffeln auf das 2,8fache. Die Aufwandmenge an Herbiziden ist hingegen bei den meisten Fruchtarten nahezu gleichgeblieben. Das gleiche trifft mit Ausnahme des Winterweizens auch für Insektizide zu. Bei ihm stieg die Aufwandmenge im Durchschnitt aller Betriebe von 0,05 auf 0,16 kg Präparate/ha u. Jahr.

Unter Berücksichtigung des Anbauanteiles der einzelnen Fruchtarten erhöhte sich die durchschnittliche Aufwandmenge an Präparaten von 4,8 auf 6,3 kg/ha - das ist das 1,3fache.

Die um über 40 % mehr gestiegene Behandlungshäufigkeit hat sich dahingehend ausgewirkt, daß die Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln insgesamt je Behandlung von 2,5 kg/ha Präparate Ende der 70er Jahre auf 1,8 kg 1987 - also um 25 % zurückgegangen ist. Außerdem konnte mit der einfaktoriellen Analyse der regionale Einfluß auf den chemischen Pflanzenschutz bei Winterweizen ermittelt werden.

Eine weiterführende Auswertung der Erhebungsdaten erfolgte mit einer multiplen und simultanen Analyse aller erfassten Betriebs- und Standortbedingungen (Einflußgrößen).

Diese Analyse erstreckte sich auf die Fruchtarten Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste (nur 1977 bis 1979), Roggen, Hafer, Kartoffeln und Zuckerrüben.

Der Einfluß der Betriebs- und Standortbedingungen *Betriebsgröße, Anbauanteil, Bodenklima- bzw. Ackerzahl, durchschnittliche Jahrestemperatur und Jahresniederschläge* auf den Umfang des chemischen Pflanzenschutzes dieser Fruchtarten wurde anhand der Zielgrößen

- Behandlungshäufigkeit/Jahr und
- Aufwandmenge an Wirkstoffen in kg/ha und Jahr für 1977 bis 1979 und für 1987 dargestellt.

Über die Ergebnisse dieser mehrfaktoriellen Analysen, wobei die Veränderungen zwischen beiden Erhebungszeiträumen im Vordergrund standen, wurde zunächst für Winterweizen und Zuckerrüben und weiter für alle einbezogenen Fruchtarten an anderer Stelle ausführlich berichtet (Hildebrandt et al., 1990 und 1991).

An dieser Stelle soll die wesentliche Veränderung im chemischen Pflanzenschutz einiger Fruchtarten von 1977 bis 1979 zu 1987 am Beispiel der Behandlungshäufigkeit und Aufwandmenge an Wirkstoffen bei Winterweizen in Abhängigkeit von der Betriebsgröße in Bild 1 gezeigt werden.

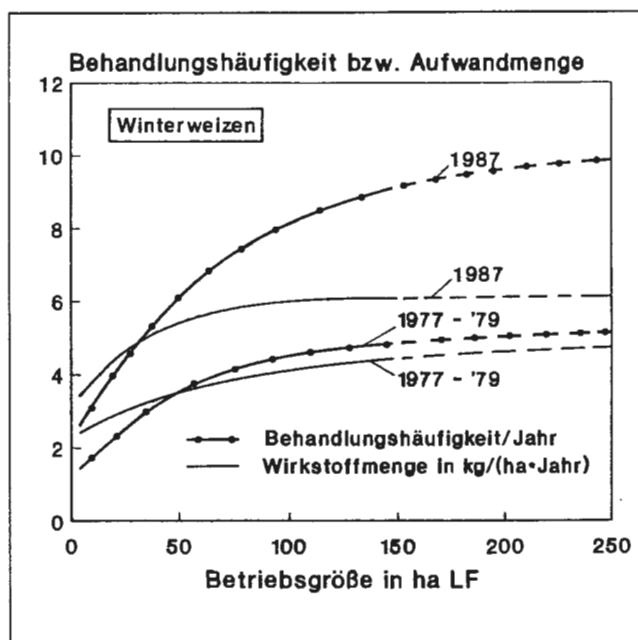


Bild 1: **Veränderungen der Behandlungshäufigkeit und der Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln bei Winterweizen von 1977-79 zu 1987 in Abhängigkeit von der Betriebsgröße**

Dieses Bild zeigt den Einfluß des Einzelfaktors Betriebsgröße innerhalb der multiplen Funktion für die Behandlungshäufigkeit bzw. für die Aufwandmenge bei Winterweizen.

Auch bei der in den folgenden Bildern dargestellten Wirkung der einzelnen Betriebs- und Standortbedingungen auf die Behandlungshäufigkeit und Aufwandmenge bei den verschiedenen Fruchtarten sind die Einflußgrößen aus ihrer jeweiligen multiplen Funktion herausgelöst worden, um die Anschaulichkeit zu wahren.

### 3.2 Einfluß der Betriebs- und Standortbedingungen auf den Umfang des chemischen Pflanzenschutzes bei ausgewählten Fruchtarten 1987

Neben den Veränderungen im chemischen Pflanzenschutz des Ackerbaues kam es auch darauf an, seine Variationsbreite innerhalb der einzelnen Fruchtarten und seine Differenzierung zwischen den verschiedenen Fruchtarten in Abhängigkeit von der kombinierten Wirkung der einzelnen Einflußgrößen aus neuerer Zeit darzustellen.

Den folgenden Ausführungen liegen deshalb die Analyseergebnisse aus der Nacherhebung im Erntejahr 1987 (ab Herbstbestellung 1986) zugrunde. Dabei waren für zwei wichtige Feldfrüchte (Grün- und Silomais sowie Sommergerste) keine signifikanten Modelle zu erstellen. Mit multiplen und simultanen Analysen konnten deshalb nur die Fruchtarten Winterweizen, Wintergerste, Roggen, Hafer, Kartoffeln und Zuckerrüben behandelt werden.

Im Mittelpunkt der folgenden Ausführungen stehen die Wirkung der einzelnen Einflußgrößen auf die *Behandlungshäufigkeit* und die *Aufwandmenge an Wirkstoffen*

- bei den verschiedenen Fruchtarten nach Pflanzenschutzmitteln insgesamt (Kap. 3.2) und
- bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel (Kap. 3.3).

#### 3.2.1 Wirkung der Einflußgrößen auf die Behandlungshäufigkeit wichtiger Fruchtarten mit Pflanzenschutzmitteln

##### • Gesamtüberblick Behandlungshäufigkeit

Bei den in die Untersuchung einbezogenen Fruchtarten wurde meist von mehreren Einflußgrößen eine Wirkung auf die Behandlungshäufigkeit festgestellt. Einen Überblick, bei welchen Fruchtarten die Betriebs- und Standortbedingungen

einen Einfluß auf die Behandlungshäufigkeit ausgeübt haben, gibt Tabelle 1.

##### • Betriebsgröße und Behandlungshäufigkeit

Die Betriebsgröße hatte von den einbezogenen Betriebs- und Standortbedingungen am häufigsten einen Einfluß. Sie zeigte bei allen Fruchtarten eine Wirkung, Bild 2. Besonders deutlich trat der Einfluß der Betriebsgröße bei den beiden behandlungsintensivsten Fruchtarten Winterweizen und Kartoffeln in Erscheinung. Ausgesprochen stark erwies sich ihre Wirkung bei Kartoffeln bis zu einer Betriebsgröße von 100 ha LF und bei Winterweizen bis 150 ha LF. Darüber hinaus steigen die Kurven beider Fruchtarten nur noch wenig an; bei Kartoffeln bleibt sie sogar nahezu konstant.

Dieser Kurvenverlauf ist typisch für eine Sättigungsfunktion. Er resultiert daraus, daß technische, organisatorische und wirtschaftliche Möglichkeiten offensichtlich eine um so differenziertere Durchführung des chemischen Pflanzenschutzes erlauben, je größer der Betrieb ist. Diese hatten 1977 bis 1979 bei Kartoffeln in Betrieben um 75 ha LF und bei Winterweizen um 100 ha LF ihr Maximum erreicht. Eine weitere Vervollkommnung dieser Möglichkeiten seit Ende der 70er Jahre hat dazu geführt, daß die Behandlungshäufigkeit nicht nur allgemein, sondern auch in den Betriebsgrößen über 75 ha bzw. über 100 ha noch angestiegen ist.

In der Häufigkeit der Behandlungen folgen an dritter Stelle die Zuckerrüben. Auch hier zeigt der Kurvenverlauf eine typische Sättigungsfunktion, indem die Behandlungshäufigkeit im Beispiel des Bildes 2 von 25 bis 100 ha um 2,0, von 100 bis 150 ha aber nur noch um 0,6 Behandlungen/Jahr zunimmt. Dem standen 1977 bis 1979 nur eine Zunahme von 1,0 bzw. 0,3 gegenüber. Daraus kann abgeleitet werden, daß auch die mittelgroßen Betriebe in der Intensivierung des Zuckerrübenanbaues weiter an die Großbetriebe herangerückt sind.

Die weitere Rangfolge abnehmender Behandlungshäufigkeit ist Wintergerste, Roggen und Hafer. In gleicher Weise geht auch die Ausprägung der Sättigungsfunktion zurück. Während bei Roggen die Kurve nur noch wenig gekrümmt verläuft, ist sie bei Hafer nahezu gerade.

Neben dem Einfluß der Betriebsgröße auf die Häufigkeit der Behandlungen innerhalb der jeweiligen Fruchtart zeigt Bild 2 auch sehr anschaulich die Unterschiede zwischen den einzelnen Fruchtarten.

##### • Anbauanteil und Behandlungshäufigkeit

Eine Wirkung des Anbauanteiles auf die Behandlungshäufigkeit zeigte sich bei den beiden Hackfrüchten Kartoffeln und Zuckerrüben und bei den beiden Getreidearten Winterweizen und Wintergerste, d.h. bei den vier pflanzenschutzintensivsten Fruchtarten, Bild 3. In der Höhe ihrer Behandlungshäufigkeit war die Rangfolge Kartof-

Fruchtart	Betr.-größe	Anbauanteil	Ackerzahl	0 Jahrestemperatur	Jahresniederschläge
Winterweizen	E	E	P <sub>S</sub>	E	P <sub>f</sub>
Wintergerste	E	E	P <sub>S</sub>		
Roggen	E		P <sub>S</sub>		
Hafer	E		P <sub>S</sub>		
Kartoffeln	E	E	P <sub>S</sub>		
Zuckerrüben	E	E		P <sub>S</sub>	

**Korrelation mit Regressionsfunktion**

E = Exponentialfunktion steigend  
P<sub>S</sub> = Potenzfunktion steigend  
P<sub>f</sub> = Potenzfunktion fallend  
o. Angabe = keine Korrelation

Tabelle 1: **Korrelation und Regressionsfunktion zwischen Einflußgrößen und Behandlungshäufigkeit mit chemischen Pflanzenschutzmitteln bei ausgewählten Fruchtarten 1987**

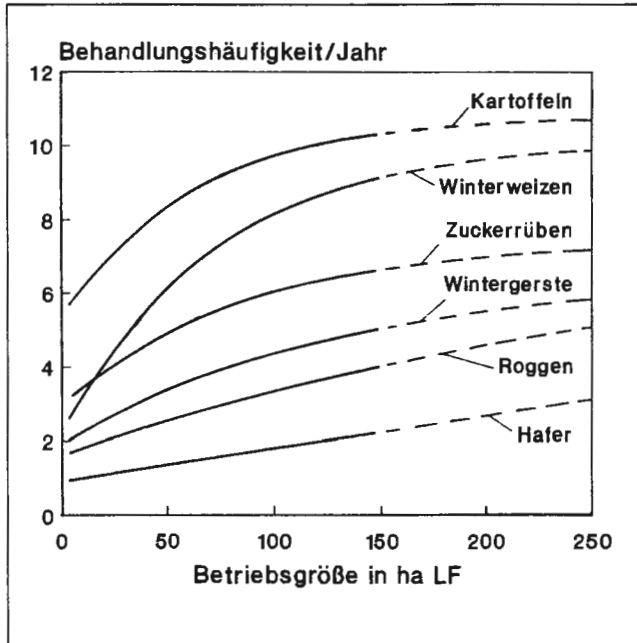


Bild 2: Einfluss der Betriebsgröße auf die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten

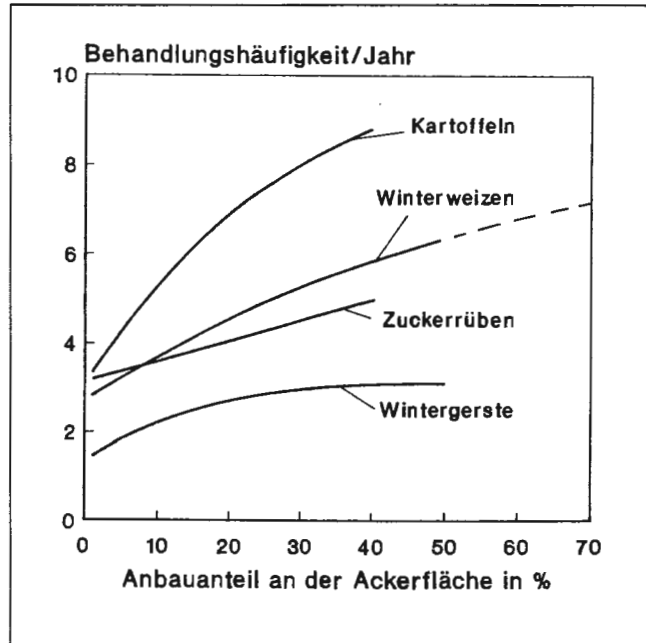


Bild 3: Einfluss des Anbauanteiles auf die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten

feln, Winterweizen, Zuckerrüben und Wintergerste die gleiche wie bei der Betriebsgröße. Bei Kartoffeln, Winterweizen und Wintergerste verlaufen die Kurven mehr oder weniger gekrümmt, wodurch eine Sättigungsfunktion deutlich wird. Bei Zunahmen des Anbauanteiles von 5 auf 40 % führt dieser Kurvenverlauf auf eine Erhöhung der Behandlungshäufigkeit bei Kartoffeln von 4,0 auf 8,2, bei Winterweizen von 3,2 auf 5,6 und bei Wintergerste von 1,8 auf 3,0. Das sind Zunahmen von 105, 75 bzw. 67 %.

Dagegen nimmt die Kurve bei Zuckerrüben einen nahezu linearen Verlauf, in welchem die Behandlungshäufigkeit bei gleicher Zunahme des Anbauanteiles von 3,3 auf 5,0, also nur um 50 % ansteigt. Mit dem Anstieg und dem Abstand der Kurven kommt die durch die Zunahme des Anbauanteiles bedingte Erhöhung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes bei den einzelnen Fruchtarten deutlich zum Ausdruck.

- Ackerzahl und Behandlungshäufigkeit

Die Ackerzahl wirkte auf die Behandlungshäufigkeit bei Kartoffeln und den Getreidearten Winterweizen, Wintergerste, Roggen und Hafer, Bild 4. Ein Einfluss auf die Behandlungshäufigkeit bei Zuckerrüben konnte nicht festgestellt werden.

Den stärksten Einfluss übte die Ackerzahl bei Winterweizen aus. Hier stieg - bei den Unterstellungen für die einzelnen Faktoren - in dem Ackerzahlbereich von 20 bis 90 die Behandlungshäufigkeit von 3,9 auf 7,1 fast um das Doppelte. Das dürfte nicht nur darauf zurückzuführen sein, daß der Winterweizenanbau um so intensiver betrieben wird, je höher die Ackerzahl ist, sondern auch je mehr der Anbauanteil zunimmt. Die Wirkung steigenden Anbauanteiles auf die Behandlungshäufigkeit kommt hier indirekt auch über die Ackerzahl mit zum Ausdruck.

Während der Kurvenverlauf bei Winterweizen noch eine leichte Krümmung aufweist, ist dieser bei den übrigen Fruchtarten nahezu geradlinig und bei Hafer außerdem gleichblei-

bend. Bei Wintergerste tritt jedoch eine Abweichung auf, indem die Behandlungshäufigkeit ab Ackerzahl 50 stärker ansteigt, wodurch eine leicht nach unten gekrümmte Kurve entsteht. Insgesamt werden auch die Unterschiede der Behandlungshäufigkeit zwischen den einzelnen Fruchtarten in Abhängigkeit der Ackerzahl in Bild 4 offensichtlich.

- Jahrestemperatur, Jahresniederschläge und Behandlungshäufigkeit

Als temperaturabhängige Fruchtarten hinsichtlich der Behandlungshäufigkeit haben sich nur die Zuckerrüben und der Winterweizen erwiesen. Von 6,5 bis 9,5° C steigt die Behandlungshäufigkeit der Zuckerrüben fast linear von 3,9 auf 4,7 (ohne Bild). Ein Einfluss der Jahresniederschläge war lediglich bei Winterweizen festzustellen. Die Wirkung beider Einflußgrößen auf die Behandlungshäufigkeit bei Winterweizen wird in Bild 5 gezeigt. Während die Kurve der Jahrestemperatur durch eine steigende Potenzfunktion geprägt wird, ist der Kurvenverlauf der Niederschläge fallend.

Diese entgegengesetzte Wirkung der Zunahme von Temperatur und Niederschlägen, wie sie bei Weizen zum Ausdruck kommt, entspricht dem allgemeinen Verhältnis dieser beiden Hauptklimafaktoren. Es kommt darin zum Ausdruck, daß mit steigenden Jahresniederschlägen die durchschnittliche Jahrestemperatur sinkt. Das führt im allgemeinen zu ungünstigeren klimatischen Bedingungen für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion, welche eine geringere Ertragsfähigkeit zur Folge haben. Diese wiederum schlägt sich nicht zuletzt in einem verringerten Umfang an chemischem Pflanzenschutz nieder.

Mit einem leicht gekrümmten Anstieg bewirkt die durchschnittliche Jahrestemperatur von 6,0 bis 9,5° C bei Winterweizen eine Zunahme der Behandlungshäufigkeit von 3,9 auf 5,2. Dagegen geht diese zwischen 600 und 1200 mm Jahresniederschlägen von 5,2 auf 3,7 zurück. Dabei ist der Abfall im

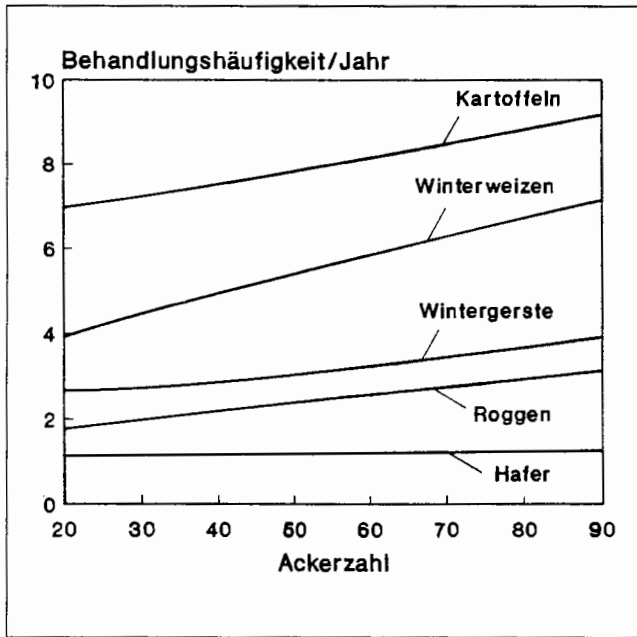


Bild 4: **Einfluß der Ackerzahl auf die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten**

unteren Niederschlagsbereich etwas stärker als im oberen, wodurch ein schwach nach unten gekrümmter Kurvenverlauf entsteht.

• Kombinierte Wirkung der Einflußgrößen auf die Behandlungshäufigkeit bei Winterweizen

Am Beispiel des Winterweizens soll der grafisch dargestellte Einfluß der Betriebs- und Standortbedingungen auf die Behandlungshäufigkeit tabellarisch veranschaulicht werden. Dazu wird die aus der multiplen Regressionsrechnung resultierende Anzahl der Behandlungen für jeweils drei Beispielswerte der Betriebsgröße, des Anbauanteiles und der Ackerzahl sowie jeweils zwei Beispielswerte der durchschnittlichen Jahrestemperatur und der Jahresniederschläge in Tabelle 2 zusammengestellt.

Im Rahmen der vorgegebenen Beispielswerte und der dabei möglichen Kombinationen bewegt sich die Behandlungshäufigkeit mit einem Unterschied von neun Behandlungen zwischen 1,6 und 10,6.

Beispielswerte		niedrig	hoch
Betriebsgröße LF	ha	15	75
Anbauanteil an der AF	%	15	45
Ackerzahl		30	80
durchschn. Jahrestemperatur	°C	7	9
Jahresniederschläge	mm	800	600
Behandlungshäufigkeit		1,6	10,6

3.2.2 Wirkung der Einflußgrößen auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen bei wichtigen Fruchtarten

• Gesamtüberblick Aufwandmenge

Abweichend von der Behandlungshäufigkeit zeigten die Betriebs- und Standortbedingungen bei Hafer und Zuckerrüben keine Wirkung auf die Aufwandmenge. Bei Zuckerrüben war das auch 1977 bis 1979 schon der Fall gewesen. Mit Ausnahme des Winterweizens hatten die Jahrestemperatur und die Jahresniederschläge bei keiner anderen Fruchtart einen Einfluß.

Welche Betriebs- und Standortbedingungen eine Wirkung auf die Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln bei den einzelnen Fruchtarten ausüben, ist in Tabelle 3 zusammengestellt. Diese Übersicht zeigt, daß die Zahl aller Wirkungen auf die Aufwandmenge um ein Drittel geringer war als auf die Behandlungshäufigkeit. Das Zustandekommen einer Korrelation zwischen der Aufwandmenge an Wirkstoffen und den Einflußgrößen dürfte mitunter auch an der großen Streubreite des Wirkstoffgehaltes, die in ihren Extremen von 4 bis 96 % reicht, gescheitert sein.

Betriebsgröße LF ha	Anbauanteil %	durchschn. Jahrestemperatur °C	Jahresniederschläge					
			600 mm			800 mm		
			Ackerzahl					
			30	55	80	30	55	80
15	15	7	2,2	3,4	4,4	1,6	2,8	3,9
		9	2,7	3,9	4,9	2,1	3,3	4,4
	30	7	3,3	4,5	5,6	2,7	3,9	5,0
		9	3,8	5,0	6,1	3,2	4,4	5,5
	45	7	4,2	5,4	6,4	3,6	4,8	5,9
		9	4,7	5,9	6,9	4,1	5,3	6,4
45	15	7	4,4	5,6	6,6	3,8	5,0	6,1
		9	4,9	6,1	7,1	4,3	5,5	6,6
	30	7	5,5	6,7	7,8	4,9	6,1	7,2
		9	6,0	7,2	8,3	5,4	6,6	7,7
	45	7	6,4	7,5	8,6	5,8	7,0	8,0
		9	6,9	8,0	9,1	6,3	7,5	8,5
75	15	7	5,8	7,0	8,1	5,2	6,4	7,5
		9	6,3	7,5	8,6	5,7	6,9	8,0
	30	7	6,9	8,1	9,2	6,4	7,5	8,6
		9	7,4	8,6	9,7	6,9	8,0	9,1
	45	7	7,8	9,0	10,1	7,2	8,4	9,5
		9	8,3	9,5	10,6	7,7	8,9	10,0

Tabelle 2: **Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln in Abhängigkeit von Betriebsgröße, Anbauanteil, Ackerzahl, durchschnittlicher Jahrestemperatur und Jahresniederschlägen bei Winterweizen 1987**

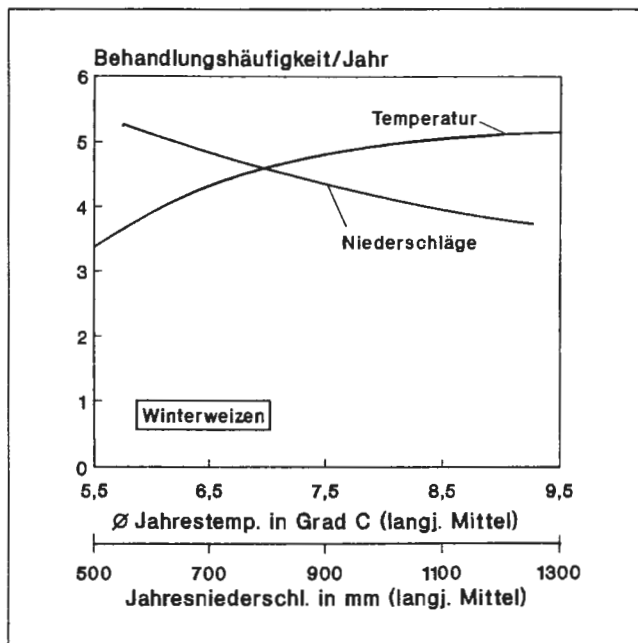


Bild 5: Einfluß der Jahrestemperatur und der Jahresniederschläge auf die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten

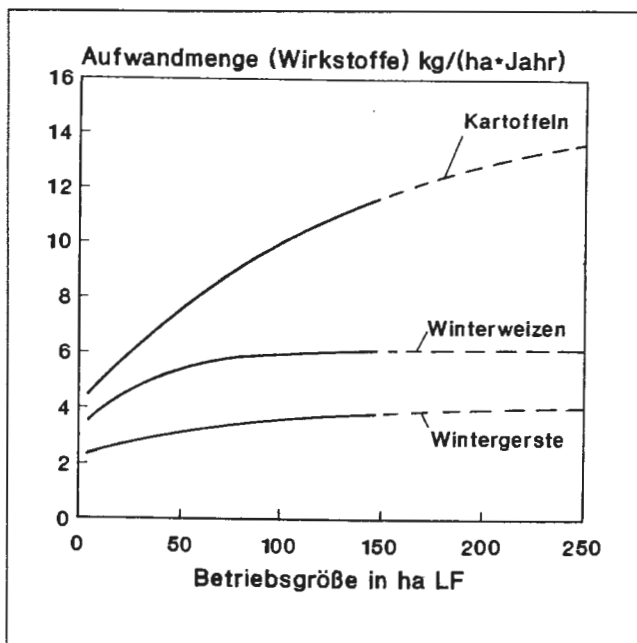


Bild 6: Einfluß der Betriebsgröße auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten

• Betriebsgröße und Aufwandmenge

Während bei der Behandlungshäufigkeit die Betriebsgröße auf alle einbezogenen Fruchtarten einen Einfluß ausübte, waren es bei der Aufwandmenge nur noch Kartoffeln, Winterweizen und Wintergerste, Bild 6. In der Aufwandmenge stehen Kartoffeln und Winterweizen ebenso an erster Stelle wie bei der Behandlungshäufigkeit.

Bei Kartoffeln ist der Kurvenverlauf für die Aufwandmenge durch eine Sättigungsfunktion geprägt, die im Gegensatz zur Behandlungshäufigkeit noch stark ansteigt. Das ist darauf zurückzuführen, daß ab 100 ha LF die Aufwandmenge noch von 10,0 auf 14,0 kg (40 %) zunimmt, die Behandlungshäufigkeit hingegen nur noch von 9,8 auf 10,8 (10 %). Dabei handelt es sich vornehmlich um die vermehrte Anwendung von Fungiziden.

Fruchtart	Betr.-größe	Anbauanteil	Acker- bzw. BK-Zahl	0 Jahrestemperatur	Jahresniederschläge
Winterweizen	E	E		$P_S$	$P_f$
Wintergerste	E	E	$P_S$		
Roggen			$P_S$		
Hafer					
Kartoffeln	E	E	$P_S$		
Zuckerrüben					

Korrelation mit Regressionsfunktion	
E	= Exponentialfunktion steigend
$P_S$	= Potenzfunktion steigend
$P_f$	= Potenzfunktion fallend
o. Angabe	= keine Korrelation

Tabelle 3: Korrelation und Regressionsfunktion zwischen Einflußgrößen und Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln bei ausgewählten Fruchtarten 1987

Im Gegensatz zu Kartoffeln zeigt sich der Kurvenverlauf bei Winterweizen als eine typisch auslaufende Sättigungsfunktion. Ab 75 bis 150 ha LF steigt sie kaum noch an.

In dem stark auseinandergehenden Verlauf der Kurven für die Aufwandmenge und die Behandlungshäufigkeit (s. auch Bild 1) wird deutlich, daß mit steigender Betriebsgröße die gleiche Aufwandmenge mit mehr Behandlungen oder je Behandlung eine geringere Aufwandmenge ausgebracht wird. Während bei 20 ha LF noch 1,1 kg je ha und Behandlung entfallen sind es bei 150 ha LF nur noch 0,6 kg/ha.

Bei niedrigerem Niveau und weniger ausgeprägter Form zeigen die Kurven der Wintergerste einen sehr ähnlichen Verlauf. Bei Wintergerste ist auch in den Betrieben über 100 ha LF ein geringer Anstieg zu verzeichnen.



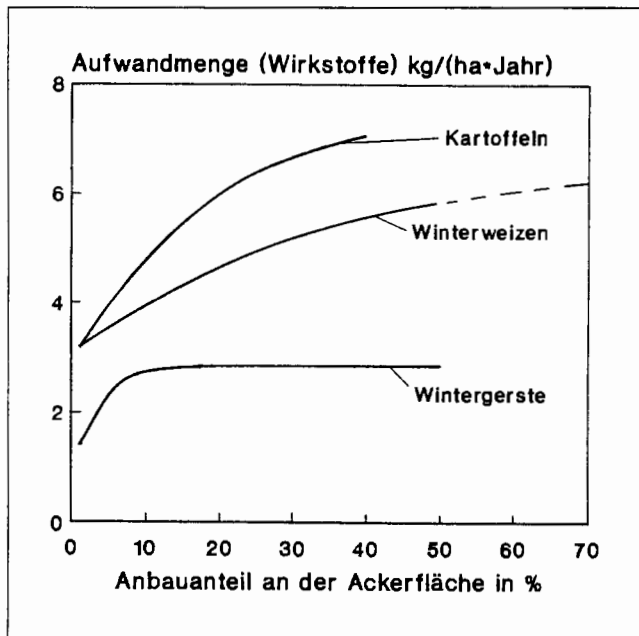


Bild 7: **Einfluß des Anbauanteiles auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten**

- Anbauanteil und Aufwandmenge

Der Anbauanteil hatte ebenso wie die Betriebsgröße eine Wirkung auf die Aufwandmenge bei Kartoffeln, Winterweizen und Wintergerste, Bild 7. Der Einfluß des Anbauanteiles auf die Aufwandmenge bei Kartoffeln hat einen ähnlichen Kurvenverlauf wie die Behandlungshäufigkeit. So steigt bei einem Anbauanteil von 5 bis 35 % die Aufwandmenge von 4,0 auf 6,9 kg/ha, die Behandlungshäufigkeit von 4,3 auf 8,4. Auch bei Winterweizen deckt sich der Verlauf der Kurve für die Aufwandmenge nahezu mit dem der Behandlungshäufigkeit. Eine Erhöhung des Anbauanteiles von 5 auf 50 % bewirkt einen Anstieg der Aufwandmenge von 3,5 auf 6,8 kg/ha.

Die Wirkung des Anbauanteiles auf die Aufwandmenge bei Wintergerste zeigt sich noch stärker als der Winterweizen in einer ausgesprochenen Sättigungsfunktion. So steigt die Wirkstoffmenge bis 10 % Anbauanteil auf 2,8 kg/ha an und bleibt darüber hinaus gleich.

- Ackerzahl und Aufwandmenge

Eine Wirkung der Ackerzahl auf die Aufwandmenge war bei Kartoffeln, Wintergerste und Roggen zu verzeichnen, Bild 8. Erstaunlicherweise hatte die Ackerzahl bei Winterweizen keinen Einfluß. Das kann darauf zurückzuführen sein, daß die Bodenkomponente der Ackerzahl indirekt im Anbauanteil und die Klimakomponente in der Jahrestemperatur und den Jahresniederschlägen ihren Ausdruck findet.

Bei Kartoffeln bewirkt die Ackerzahl in ihrem Bereich von 20 bis 90 einen Anstieg von 1,6 kg/ha, wobei der Kurvenverlauf leicht nach unten gekrümmt ist. Beide Kurven, d.h. die der Aufwandmenge und der Behandlungshäufigkeit, verlaufen nahezu gleichsinnig.

Das gleiche trifft auch für Wintergerste und etwas weniger deutlich ausgeprägt für Roggen zu. Die Zunahmen der Aufwandmenge reichen hier von 2,5 bis 3,7 kg/ha bzw. 1,8 bis 3,0 kg/ha. Während der Kurvenverlauf von Kartoffeln und

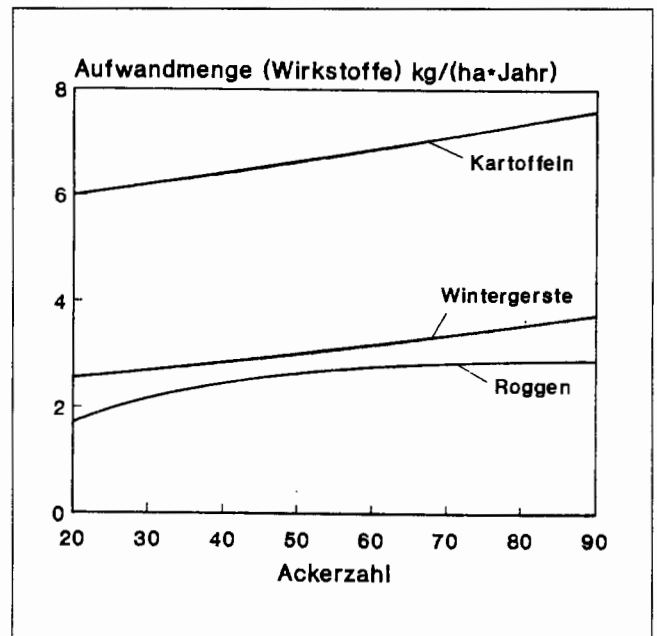


Bild 8: **Einfluß der Ackerzahl auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten**

Wintergerste leicht nach unten gekrümmt ist, weist der für Roggen eine deutliche Krümmung nach oben auf.

- Jahrestemperatur, Jahresniederschläge und Aufwandmenge

Beide Einflußgrößen zeigen nur bei Winterweizen eine Wirkung. Mit zunehmender Jahrestemperatur steigt ab 8° C die Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln stärker an als das bei niedrigeren Temperaturen der Fall ist, Bild 9. Dadurch kommt eine steigende Potenzfunktion deutlich zum Ausdruck. Dieser Kurvenverlauf ist im Vergleich zur Behandlungshäufigkeit gegensätzlich. Das ist dadurch bedingt, daß an der Zunahme der Aufwandmenge vornehmlich Fungizide beteiligt sind, die hohe Aufwandmengen je Behandlung erfordern.

Mit steigenden Jahresniederschlägen nimmt die Aufwandmenge ebenso wie die Behandlungshäufigkeit ab. Sie unterscheiden sich jedoch darin, daß der Rückgang von einem kg Aufwandmenge von zwei Behandlungen begleitet ist, was zu einem entsprechend flacheren Kurvenverlauf der Aufwandmenge führt. Die im Zusammenhang mit der Behandlungshäufigkeit erörterte Wechselwirkung zwischen Jahrestemperatur und Jahresniederschlägen kommt auch in der Aufwandmenge zum Tragen.

- Kombinierte Wirkung der Einflußgrößen auf die Aufwandmenge bei Winterweizen

Der grafisch dargestellte Einfluß der Betriebs- und Standortbedingungen auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen soll in gleicher Weise wie für die Behandlungshäufigkeit auch am Beispiel des Winterweizens in Tabellenform gezeigt werden. Die aus den multiplen Regressionsrechnungen hervorgegangenen Wirkstoffmengen von "Pflanzenschutzmitteln insgesamt" werden für jeweils drei Beispielswerte der Betriebsgröße und des Anbauanteiles sowie für jeweils zwei Beispielswerte der beiden Klimafaktoren durchschnittliche Jahrestemperatur und Jahresniederschläge in Tabelle 4 zusammengestellt. Im Bereich der möglichen Kombinationen dieser

Betriebsgröße LF ha	Anbauanteil %	Jahresniederschläge			
		600 mm		800 mm	
		durchschnittliche Jahrestemperatur			
		7° C	9° C	7° C	9° C
15	15	3,11	4,54	2,88	4,32
	30	3,94	5,37	3,71	5,15
	45	4,46	5,90	4,23	5,67
45	15	4,20	5,64	3,97	5,41
	30	5,03	6,47	4,80	6,24
	45	5,55	6,99	5,33	6,76
75	15	4,63	6,07	4,41	5,85
	30	5,46	6,90	5,24	6,68
	45	5,99	7,43	5,76	7,20

Tabelle 4: **Aufwandmengen an Pflanzenschutzmitteln (kg Wirkstoffe/ ha u. Jahr) in Abhängigkeit von Betriebsgröße, Anbauanteil, durchschnittlicher Jahrestemperatur und Jahresniederschlägen bei Winterweizen 1987**

Beispielswerte bewegt sich die Aufwandmenge an Wirkstoffen je ha u. Jahr zwischen 2,88 und 7,43 kg. Die entsprechenden Behandlungshäufigkeiten liegen bei 1,6 und 10,6.

### 3.3 Einfluß der Betriebs- und Standortbedingungen auf den Umfang des chemischen Pflanzenschutzes bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen 1987

#### • Gesamtüberblick Winterweizen und Wirkungsbereiche

Der Winterweizen ist nicht nur die Fruchtart mit dem größten Anbauumfang; er hat von allen Feldfrüchten und den übrigen, nicht ackerbaulichen Einsatzbereichen auch den größten Anteil am Inlandsabsatz aller Pflanzenschutzmittel. Das trifft auch für die Pflanzenschutzmittel der Wirkungsbereiche Herbizide, Fungizide und Wachstumsregler zu (Hildebrandt, 1990). Deshalb wurde in ergänzenden Analysen untersucht, welchen Einfluß die Betriebs- und Standortbedingungen auf die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln und die aufgewendete Wirkstoffmenge ausüben. Dabei wurde nach den bei Winterweizen eingesetzten Wirkungsbereichen in Herbizide, Fungizide, Insektizide und Wachstumsregler unterteilt. Die Wirkung der Betriebs- und Standortbedingungen auf die Behandlungshäufigkeit und die Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln der bei Winterweizen relevanten Wirkungsbereiche ist in Tabelle 5 zusammengestellt.

#### 3.3.1 Wirkung der Einflußgrößen auf die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln der verschiedenen Wirkungsbereiche bei Winterweizen

##### • Betriebsgröße und Behandlungshäufigkeit nach Wirkungsbereichen

Die Betriebsgröße übt auf die Behandlungshäufigkeit mit Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern eine Wirkung aus, Bild 10. Dabei hatte sie auf den Einsatz von Fungiziden mit Abstand die größte Wirkung. So nahm die Behandlungshäufigkeit mit Fungiziden von 5 bis 250 ha LF degressiv um 4,3 zu. Dagegen stieg im gleichen Betriebsgrößenbereich die Behandlungshäufigkeit mit Herbiziden nur um 0,7. Davon wurden bis 100 ha LF schon 0,5 erreicht.

Einen fast gleichen Kurvenverlauf wie die Herbizide haben die Wachstumsregler. Hier zeigt sich bei beiden Wirkungsbereichen der Einfluß der Betriebsgröße zum wiederholten Mal in einer ausgeprägten Sättigungsfunktion. Aus diesen Ergebnissen geht außerdem sehr deutlich hervor, daß die Behandlungshäufigkeit mit Herbiziden und Wachstumsreglern im Vergleich zu Fungiziden von der Betriebsgröße nur wenig beeinflußt wird.

Die Wirkung der Betriebsgröße auf die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln dieser drei Wirkungsbereiche wird in Bild 11

noch einmal kumulativ dargestellt. Ihre Gesamtkurve verläuft etwas unter der Kurve für Pflanzenschutzmittel insgesamt (s. auch Bild 2). Die Differenz entspricht dem Insektizidanteil. Auf dessen Behandlungshäufigkeit hatte die Betriebsgröße jedoch keine Wirkung.

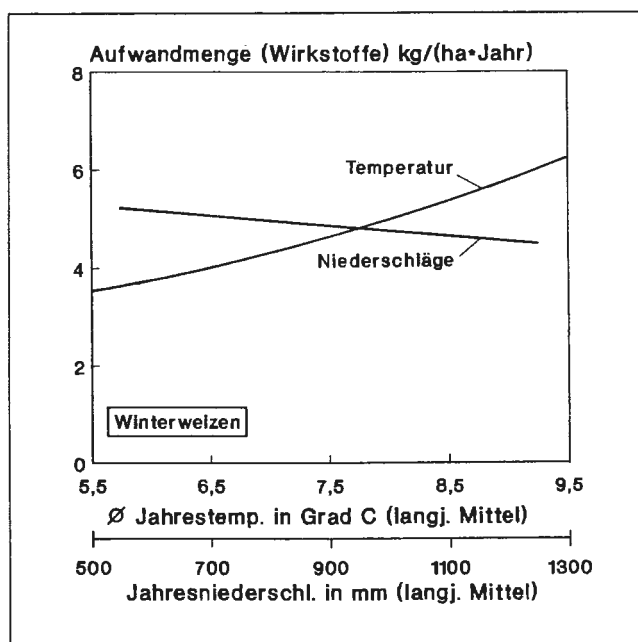


Bild 9: **Einfluß der Jahrestemperatur und der Jahresniederschläge auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln bei verschiedenen Fruchtarten**

Wirkungsbereich	Betriebsgröße	Anbauanteil	Ackerzahl	0 Jahres-temperatur	Jahresniederschläge
Behandlungshäufigkeit					
Herbizide	E	E		Ps	Ps
Fungizide	E	E	Ps		
Insektizide			Ps		
Wachstumsregler	E	E	Ps		
Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln					
Herbizide		E		Ps	Ps
Fungizide	E	E			
Insektizide					
Wachstumsregler	E		Ps		
Korrelation mit Regressionsfunktion					
E = Exponentialfunktion steigend					
Ps = Potenzfunktion steigend					
o. Angabe = keine Korrelation					

Tabelle 5: Korrelation und Regressionsfunktion zwischen Betriebs- und Standortbedingungen und der Behandlungshäufigkeit bzw. Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln nach Wirkungsbereichen bei Winterweizen 1987

- Anbauanteil und Behandlungshäufigkeit nach Wirkungsbereichen

Der Anbauanteil zeigte ebenso wie die Betriebsgröße eine Wirkung auf die Behandlungshäufigkeit des Winterweizens mit Fungiziden, Herbiziden und Wachstumsreglern, Bild 12. Die in dem Bereich von 5 bis 50 % Anbauanteil von 2,0 auf 3,5 Behandlungen ansteigende Kurve für Fungizide ist zwar Ausdruck eines deutlichen Einflusses, sie verläuft aber nur wenig gekrümmt.

Ebenfalls wenig gekrümmt ist die Kurve für die Herbizidbehandlung, die im gleichen Anbaubereich von 1,1 auf 1,9 steigt. Mit einer Zunahme von 1,0 auf 1,5 Behandlungen

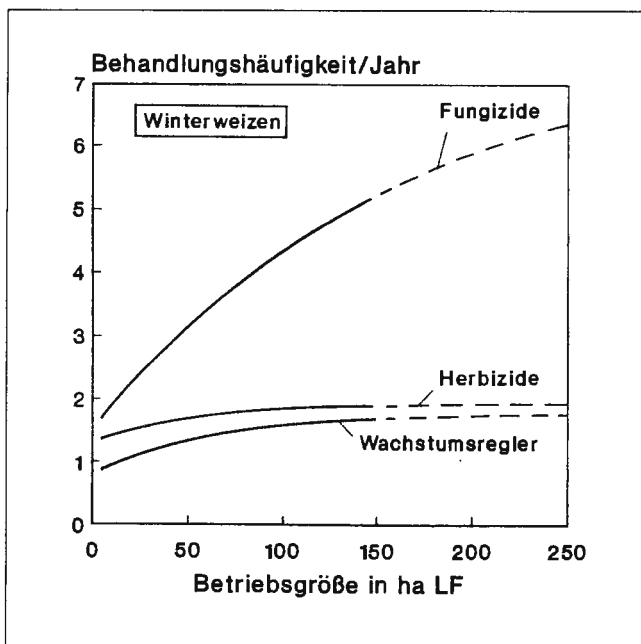


Bild 10: Einfluß der Betriebsgröße auf die Behandlungshäufigkeit bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel

gen ist der Kurvenverlauf für Wachstumsregler fast linear.

Der Einfluß des Anbauanteiles auf die Behandlungshäufigkeit mit Herbiziden und Wachstumsreglern hält sich ebenso wie der der Betriebsgröße in einem relativ engen Rahmen.

- Ackerzahl und Behandlungshäufigkeit nach Wirkungsbereichen

Die Ackerzahl wirkte auf die Behandlungshäufigkeit des Winterweizens mit Fungiziden, Wachstumsreglern und Insektiziden, Bild 13. Während die Ackerzahl als einzige Einflußgröße eine Wirkung auf die Insektizidbehandlung ausübte, blieb die Anzahl der Behandlungen mit Herbiziden durch sie unbeeinflusst.

Ähnlich wie die Betriebsgröße und der Anbauanteil wirkte auch die Ackerzahl am stärksten auf die Behandlung mit Fungiziden. Von Ackerzahl 20 bis 90 erhöhte sich die Behandlungshäufigkeit in einer schwach gekrümmten Kurve um 1,7. Bei Wachstumsreglern stieg die Behandlungshäufigkeit im gleichen Bereich von 1,1 auf 1,6 mit einem annähernd linearen Kurvenverlauf.

Der Einfluß der Ackerzahl auf die Behandlungshäufigkeit mit Insektiziden ist mit einer Zunahme von 0,4 gering. Diese Wirkung dürfte vornehmlich darauf zurückzuführen sein, daß mit steigender Ackerzahl auch steigende Jahrestemperaturen einhergehen. Wärmeres Klima begünstigt aber den Insektenbefall, welcher wiederum die vermehrte Anwendung von Insektiziden erfordert.

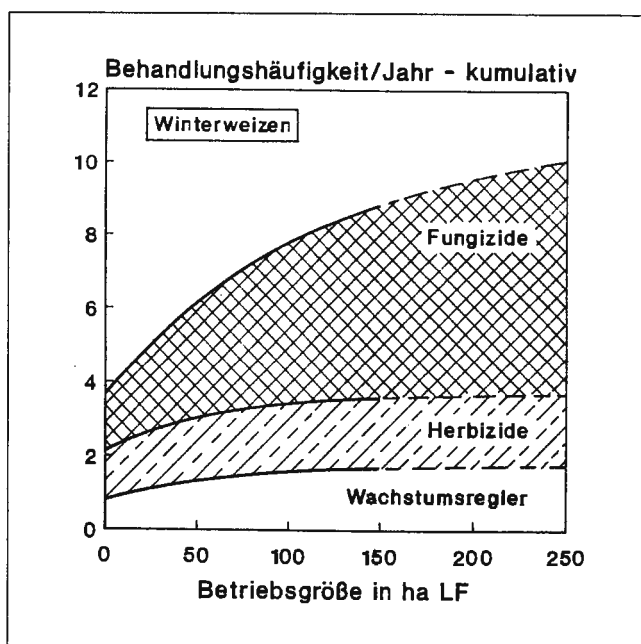


Bild 11: Einfluß der Betriebsgröße auf die Behandlungshäufigkeit bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel - kumulativ

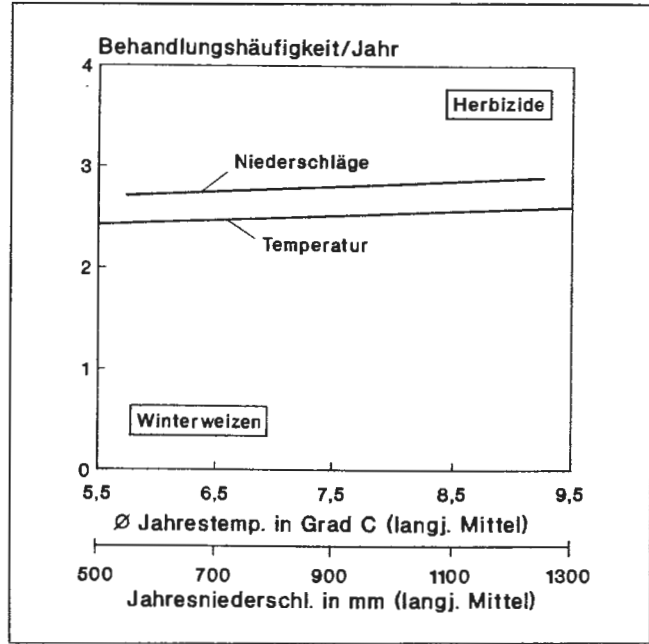
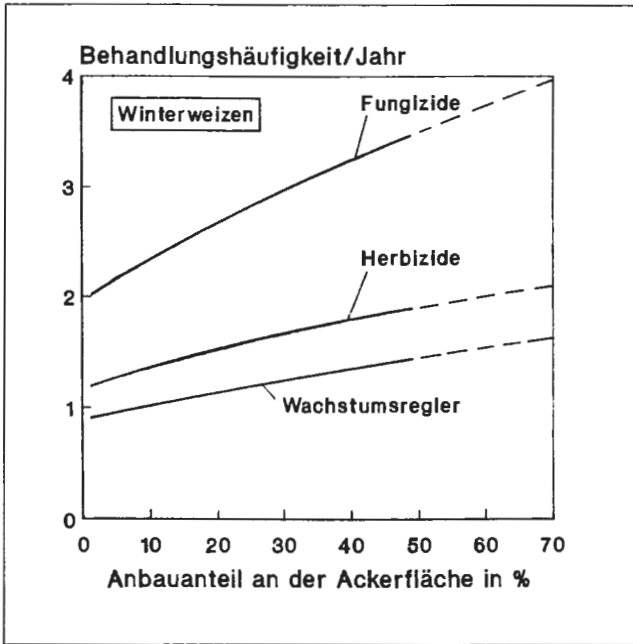


Bild 12: Einfluß des Anbauanteiles auf die Behandlungshäufigkeit bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel

Bild 14: Einfluß der Jahrestemperatur und der Jahresniederschläge auf die Behandlungshäufigkeit bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel

- Jahrestemperatur, Jahresniederschläge und Behandlungshäufigkeit nach Wirkungsbereichen

Beide Klimafaktoren haben nur auf die Behandlungshäufigkeit mit Herbiziden einen Einfluß, Bild 14. Dieser ist in beiden Fällen mit einem Anstieg um 0,2 von 5,5 auf 9,5° C bzw. von 550 auf 1250 mm Jahresniederschläge minimal. Der Kurvenverlauf über den Einfluß der Jahresniederschläge auf die Behandlungshäufigkeit mit Herbiziden bei Winterweizen weicht

von dem entsprechenden für "Pflanzenschutzmittel insgesamt" deutlich ab. Während die Behandlungshäufigkeit mit Pflanzenschutzmitteln aller Wirkungsbereiche bei steigenden Niederschlägen zurückgeht, nimmt sie bei Herbiziden leicht zu. Die erforderlichen Pflanzenschutzmaßnahmen gegen den stärkeren Unkrautwuchs bei hohen Niederschlägen kommt damit zum Ausdruck. Diese Wirkung weist auch auf die niederschlagsbedingte Differenzierung der Behandlung mit den einzelnen Wirkungsbereichen hin.

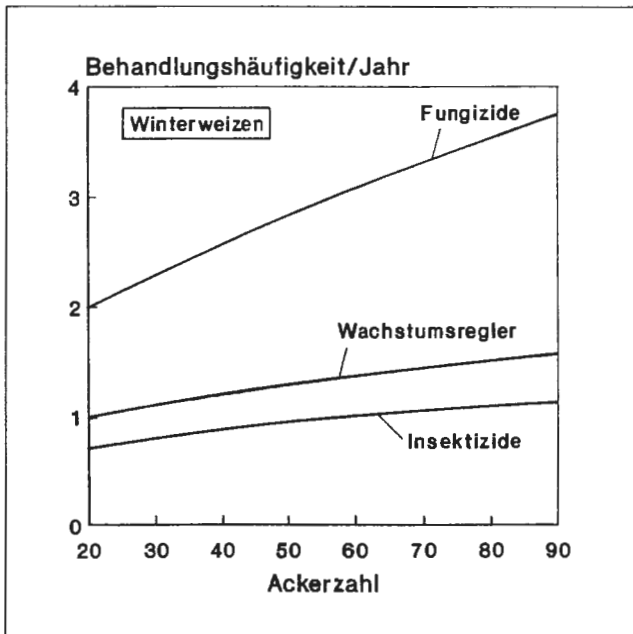


Bild 13: Einfluß der Ackerzahl auf die Behandlungshäufigkeit bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel

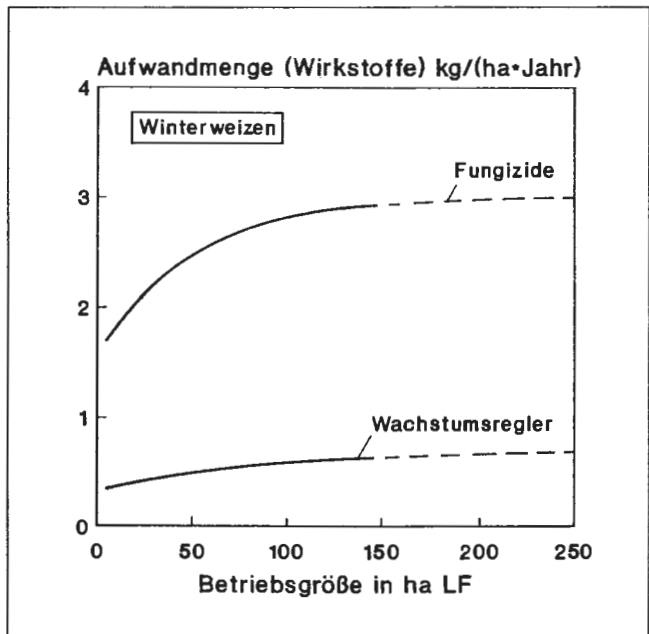


Bild 15: Einfluß der Betriebsgröße auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel

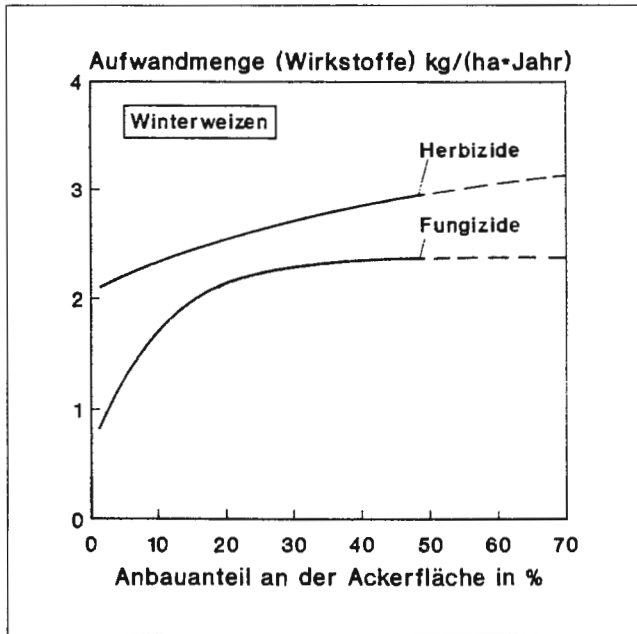


Bild 16: **Einfluß des Anbauanteiles auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel**

3.3.2 Wirkung der Einflußgrößen auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln der verschiedenen Wirkungsbereiche bei Winterweizen

Auf die Wirkstoffmenge an Insektiziden zeigte keiner der untersuchten Faktoren einen Einfluß. Auch bei den übrigen Wirkungsbereichen war eine Wirkung seltener nachzuweisen als bei der Behandlungshäufigkeit.

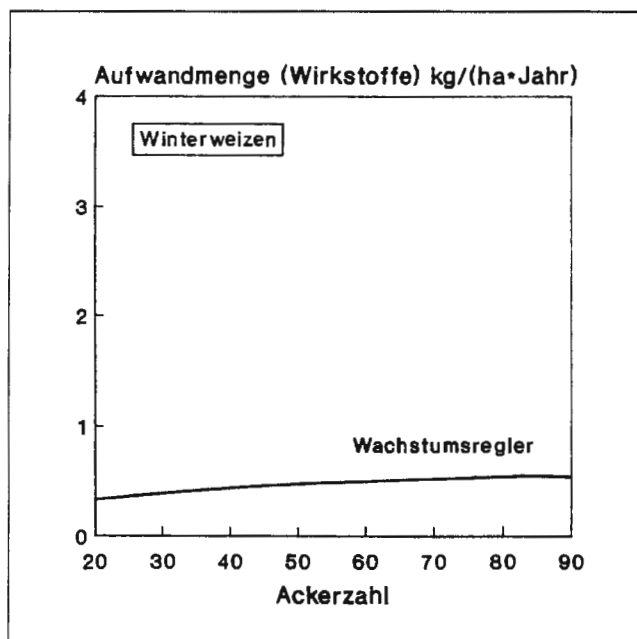


Bild 17: **Einfluß der Ackerzahl auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel**

- Betriebsgröße und Aufwandmenge nach Wirkungsbereichen

Eine Wirkung der Betriebsgröße auf die Aufwandmenge an Pflanzenschutzmitteln trat nur bei Fungiziden und Wachstumsreglern auf, Bild 15.

Bei Fungiziden stieg die Aufwandmenge an Wirkstoffen von 5 bis 250 ha LF um 1,3 kg je ha. Die Zunahme der Wirkstoffmenge erreichte bis 100 ha LF schon 1,0 kg, so daß die Wirkung der Betriebsgröße in einer ausgeprägten Sättigungsfunktion zum Ausdruck kommt. Im gleichen Betriebsgrößenbereich erhöhte sich die Aufwandmenge an Wachstumsreglern um 0,35 kg/ha Wirkstoffe. Gemessen an der Ausgangsbasis entspricht das einer Verdoppelung. Die stärkste Zunahme fand bis 100 ha LF statt, so daß sich die Wirkung der Betriebsgröße auch hier als Sättigungsfunktion zeigt.

- Anbauanteil und Aufwandmenge nach Wirkungsbereichen

Der Anbauanteil wirkte auf die Aufwandmenge an Herbiziden und Fungiziden, Bild 16. Bei der im Schaubild unterstellten Betriebsgröße von 30 ha LF lag die Aufwandmenge an Fungiziden noch unter der an Herbiziden. Bis zu einem Anbauanteil von 50 % stieg die Wirkstoffmenge an Herbiziden um 0,8 kg/ha, wobei die Kurve einen schwach gekrümmten Verlauf nimmt. Die Zunahme ist fast identisch mit der Behandlungshäufigkeit, die in diesem Anbaubereich auch um 0,8 steigt und gleichfalls einen gekrümmten Kurvenverlauf hat. Dagegen zeigt sich die Wirkung des Anbauanteiles auf die Aufwandmenge an Fungiziden als typische Sättigungsfunktion; denn die von 5 auf 50 % Anbauanteil gestiegene Wirkstoffmenge um 1,3 kg/ha erreicht bei 20 % schon 1,1 kg.

- Ackerzahl und Aufwandmenge nach Wirkungsbereichen

Die Ackerzahl hatte nur auf die Aufwandmenge an Wachstumsreglern einen Einfluß, Bild 17. Im Bereich der Ackerzahl 20 bis 90 stieg die Wirkstoffmenge um 0,2 kg/ha.

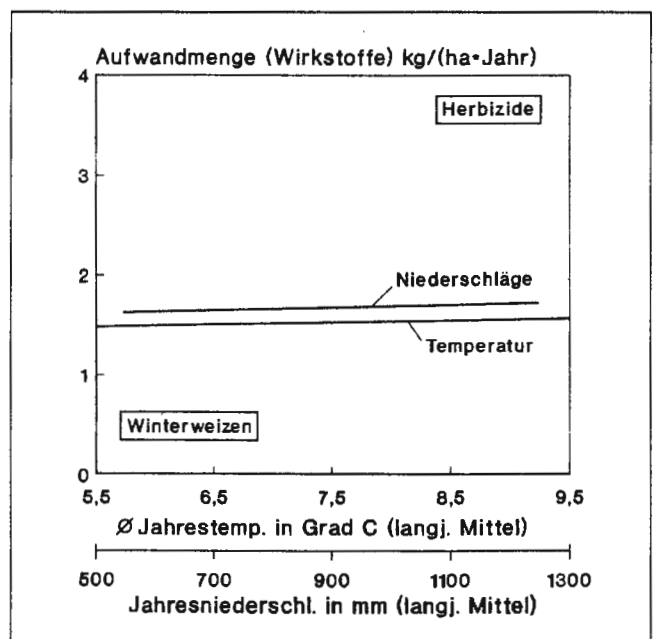


Bild 18: **Einfluß der Jahrestemperatur und der Jahresniederschläge auf die Aufwandmenge an Wirkstoffen bei Winterweizen nach Wirkungsbereichen der Pflanzenschutzmittel**

Dieser relativ geringe Anstieg verläuft fast linear und parallel zur Behandlungshäufigkeit.

- Jahrestemperatur, Jahresniederschläge und Aufwandmenge nach Wirkungsbereichen

Beide Klimafaktoren haben analog der Behandlungshäufigkeit auch in der Aufwandmenge nur bei Herbiziden einen Einfluß, Bild 18. Mit einer Zunahme der Aufwandmenge um 0,1 kg/ha von 5,5 bis 9,5° C bzw. von 550 bis 1250 mm ist die Wirkung beider Einflußgrößen unbedeutend.

#### 4 Zusammenfassung

Mit Hilfe multipler und simultaner Regressionsanalysen wurde der Einfluß von Betriebs- und Standortbedingungen auf den Umfang des chemischen Pflanzenschutzes bei den Hauptfeldfrüchten untersucht. Bewertungskriterien und Zielgrößen waren dabei die Behandlungshäufigkeit und die Aufwandmenge an Wirkstoffen von Pflanzenschutzmitteln. Als Einflußgrößen standen von den Betriebsbedingungen die Betriebsgröße und der Anbauanteil der einzelnen Fruchtarten am Ackerland und von den natürlichen Standortbedingungen die Ackerzahl sowie die langjährigen Mittel der durchschnittlichen Jahrestemperatur und der Jahresniederschläge zur Verfügung.

So konnten für die Fruchtarten Winterweizen, Wintergerste, Roggen, Hafer, Kartoffeln und Zuckerrüben mathematische Modelle gebildet werden. Bei diesen Fruchtarten wurde der Umfang des chemischen Pflanzenschutzes in Abhängigkeit von den Betriebs- und Standortfaktoren auf der Basis aller eingesetzten Wirkstoffe (Pflanzenschutzmittel insgesamt) ermittelt und verglichen. - Außerdem wurde der Winterweizen als anbaustärkste Feldfrucht differenziert nach verschiedenen Wirkungsbereichen (Fungizide, Insektizide, Herbizide und Wachstumsregler) in gleicher Weise untersucht.

Am häufigsten übte die Betriebsgröße einen Einfluß auf den Umfang des chemischen Pflanzenschutzes aus. Dagegen war bei den Jahresniederschlägen nur in wenigen Fällen eine Wirkung nachzuweisen. Am vielfältigsten und deutlichsten traten die Betriebs- und Standortbedingungen bei Winterweizen in Erscheinung. Es folgten Kartoffeln und Wintergerste.

#### **Multiple effects of factors related to farm structure and local conditions upon the use of pesticides applied to the main field crops**

The influence of various factors upon the use of pesticides on the main field crops was studied. Multiple nonlinear regression analyses were applied. The frequency of spreading these chemicals and their quantity used were the criteria and dependent variables to be assessed. As independent variables the following factors were introduced: As to farm structure, farm size and the quote of the various crops to the arable land; as to local conditions, 'Ackerzahl' (a relative value for soil quality), the yearly mean of temperature and of precipitation.

This way mathematical models could be formulated for the following crops: winter wheat, winter barley, rye, oats, potatoes and sugar beets. For these crops the frequency and amount of the pesticides used as such were calculated and compared. In addition the pesticide usage for winter wheat as the main field crop was differentiated as to its components, such as fungicides, insecticides, herbicides etc.

Most frequently the farm size had an impact on the pesticide application. On the contrary an effect of precipitation was stated only in a few cases. The farm structural and local factors could be defined in the most diversified and distinct way with winter wheat, followed by potatoes and winter barley.

#### Literatur

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Braunschweig (BBA), Hille, M. (Bearbeiter): Erhebungsdaten aus den "Umfragen zum Pflanzenschutzmittelverbrauch der Erntejahre 1977, 1978 und 1979".

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Braunschweig (BBA), Hille, M. (Bearbeiter): Erhebungsdaten aus den "Umfragen zum Pflanzenschutzmittelverbrauch des Erntejahres 1987".

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Braunschweig (BBA) (Hrsg.): Pflanzenschutzmittelverzeichnis 1978, 1982, 1985, 1986/87 und 1988.

Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V., Bonn: Regionalstatistische Datensammlung (KR77), Januar 1984.

Hildebrandt, A.: Verbrauch von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland 1977 bis 1979 und 1987 und abgesetzte Wirkstoffmengen (Inlandsabsatz). - Bericht aus dem Institut für Betriebstechnik der FAL Nr. 197/1991.

Hildebrandt, A.; W. Hammer und R. Giesecke-Schwerdt: Wirkung von Betriebs- und Standortbedingungen auf den Umfang des chemischen Pflanzenschutzes bei wichtigen Fruchtarten. - Bericht aus dem Institut für Betriebstechnik der FAL Nr. 199/1991.

Hildebrandt, A.; W. Hammer und H. Schön: Art und Umfang des chemischen Pflanzenschutzes in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland bei unterschiedlichen Betriebs- und Standortverhältnissen. - Bericht aus dem Institut für Betriebstechnik der FAL Nr. 148/1986, Teil A Textband, Teil B Materialband.

Hildebrandt, A.; W. Hammer und H. Schön: Behandlungshäufigkeit und Aufwandmenge im chemischen Pflanzenschutz des Ackerbaues der Bundesrepublik Deutschland 1977 bis 1979 und 1987. - Bericht aus dem Institut für Betriebstechnik der FAL Nr. 179/1989 mit Materialteil.

Hildebrandt, A.; W. Hammer; H. Schön und M. Hille: Umfang und Art des chemischen Pflanzenschutzes in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland bei unterschiedlichen Betriebs- und Standortverhältnissen. - Landbauforschung Völknerode 36 (1986) H. 3/4, S. 201-208.

Hildebrandt, A.; H. Schön; W. Hammer und M. Hille: Vergleichende Untersuchung über Art und Umfang des chemischen Pflanzenschutzes im Ackerbau 1977 bis 1979 und 1987. - Landbauforschung Völknerode 40 (1990) H. 2, S. 160-178.

Hille, M.: Erhebung über Art und Menge der während des Erntejahres 1987 in verschiedenen Ackerbaukulturen angewendeten Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln. - Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft H. 243. Berlin und Hamburg; Verlag Paul Parey, 1988.

Statistische Jahrbücher über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 1980, 1988 und 1989. - Hrsg.: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML). Münster-Hiltrup, Landwirtschaftsverlag.

Verfasser: Hildebrandt, Alex, Dr. agr.; Hammer, Wilfried, Prof. Dr. agr.; Giesecke-Schwerdt, Ralf, Stud.-Ass., Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL), Komm. Leiter: Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Baader.