Rechnergestützte Unkrautbekämpfung durch Einsatzberatung und Auswahl von Herbiziden

Holger Friedrich
Ackerbau und Informatik in Pflanzenbau, TU München-Weihenstephan

1.0 Zusammenfassung

Das PC-Programm HERB-OPT ist ein Beispiel dafür, wie vorhandenes Wissen EDV-technisch umgesetzt und einem breiten Anwenderkreis zur Verfügung gestellt werden kann.

HERB-OPT dient als

- Informationssystem über zugelassene Herbizide,
- Auswahlsystem für Herbizide mit vollkommen flexiblen Selektionsmöglichkeiten,
- Analysesystem für den wirtschaftlichen Vergleich verschiedener Möglichkeiten zur Unkrautbekämpfung,
- Einsatzentscheidung für Herbizide in Wintergetreide nach variablen Schadschwellen.

2.0 Einleitung

Die große Anzahl der auf dem Markt befindlichen Herbizide und die ständig sich ändernden Zulassungsbedingungen machen es fast unmöglich, ständig auf dem jeweils aktuellen Informationsstand zu sein. Gleichzeitig verlangt der Gesetzgeber die sachkundige Auswahl der Präparate auch im Hinblick auf die Erfordernisse des Umweltschutzes. Bei oft nicht unbeträchtlichen Kosten der Spritzmittel bleibt die Frage nach der wirtschaftlichen Rechtfertigung für eine Unkrautbekämpfung offen. Die wirtschaftliche Schadschwelle ist zur Entscheidung über eine Bekämpfungsmaßnahme heranzuziehen.

Das Informations- und Beratungssystem HERB-OPT entscheidet über die Notwendigkeit einer Unkrautbekämpfung, wählt geeignete Präparate aus und vergleicht verschiedene Bekämpfungsmöglichkeiten.

3.0 Programmtechnischer Hintergrund

3.1 Programmiersprache Prolog

Für die Programmierung vollkommenen flexibler Datenbanksuchen und die Erstellung einer Herbiziddatenbank erwies sich die deklarative Sprache Turbo-Prolog als äußerst geeignet. Die Arbeitsweise von Prolog ist dadurch gekennzeichnet, daß es aus den vorgegebenen Suchkriterien einen Musterdatensatz anfertigt und diesen mit sämtlichen vorliegenden Datensätzen vergleicht, die ein Ergebnis darstellen könnten (Query by Example).

3.2 Datenbankstruktur

Die vom Programm erwartete Flexibilität bezüglich der Möglichkeit, Präparate für verschiedenste Problemfälle auszuwählen, muß in der Datenbank begründet sein. Die Wissensbasis repräsentiert unterschiedliche Applikationsbedingungen in Abhängigkeit von der Bodenart, vom Entwicklungsstadium der Unkräuter oder von der Art der Kulturpflanzen.
Deshalb sind die Daten von HERB-OPT objektorientiert in Form von Frames und Slots aufgebaut. Neben den Daten zur Identifizierung des Herbizids (Name, Formulierung, Wirkstoffe etc.) sind die für die Anwendung zugelassenen Fruchtarten angegeben.

```
Identifizierung
    (Name, Formulierung, Wirkstoffe, etc.)
    |
    |------ Fruchtart
    |           (EC-Stadium, Termin, Wartezeit)
    |           |
    |           |------ Applikation
    |           |           (Boden, Humus, Aufwandmenge)
    |           |           |
    |           |           |-- Bekämpfbare Unkräuter
    |           |           |       (EC-Stadium, Wirkung)
    |           |           |-- Bekämpfbare Unkräuter
    |           |           |       (EC-Stadium, Wirkung)
    |           |           ....
    |           |
    |           |------ Applikation
    |           |           ....
    |           ..............
    |
    |------ Fruchtart
    |           (EC-Stadium, Termin, Wartezeit)
    |           |
    |           ....
```

Abb. 1: Datenstruktur von HERB-OPT

4.0 Programmbeschreibung

4.1 Information über zugelassene Herbizide

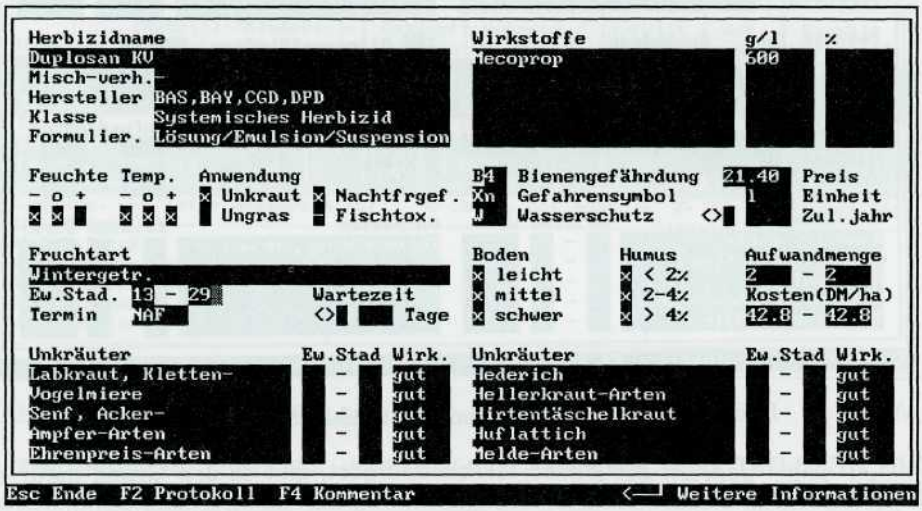

Abb. 2: Ausgabe von Informationen über ein Herbizid

In einer übersichtlichen Bildschirmmaske gibt HERB-OPT sämtliche in der Datenbank enthaltenen Informationen über Herbizide aus. Anzuzeigende Präparate wählt der Benutzer mit Hilfe des Cursorbalkens aus einem Auswahlfenster.

4.2 Auswahl von Herbiziden

Die Kriterien, die ein einzusetzendes Herbizid erfüllen muß, gibt der Programmbenutzer in die leere Bildschirmmaske ein. Sämtliche Eingaben erfolgen mittels Auswahlfenster (Window-Technik) oder mit Hilfe von anzukreuzenden Feldern. Damit werden Eingabefehler vermieden und die notwendige Einarbeitungszeit ist minimal.

Die Anzahl und Zusammensetzung der Suchkriterien ist vollkommen flexibel. Für den Fall, daß der Benutzer keine Kriterien angibt, listet HERB-OPT als Suchergebnis alle Präparate der Wissensbasis auf. Es ist beispielsweise möglich, alle Herbizide eines Herstellers oder alle Präparate mit Wasserschutzauflage auszuwählen. Je mehr Kriterien bekannt sind umso fallspezifischer ist das Suchergebnis.

Die ausgewählten Mittel listet das Programm in der Reihenfolge ihrer Kosten auf. Die vollständigen Informationen zu den gefundenen Herbiziden kann sich der Benutzer anschließend am Bildschirm ansehen oder ausdrucken lassen.

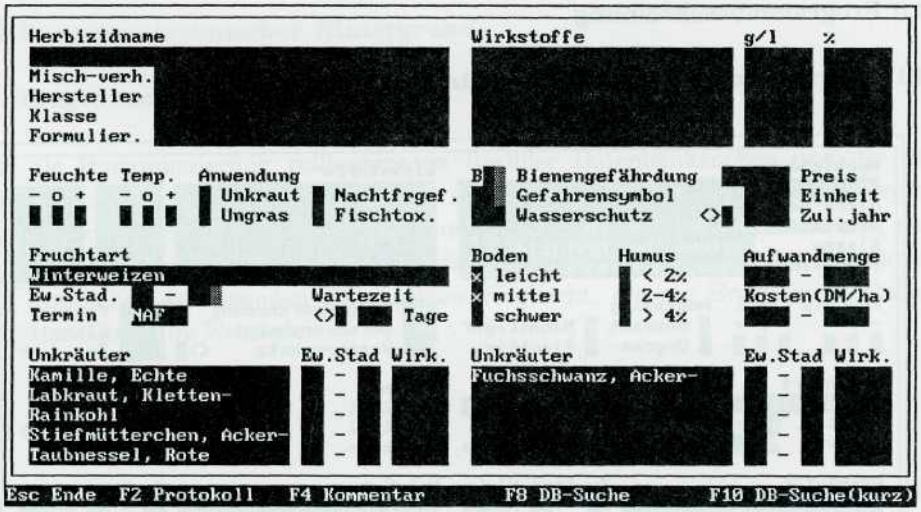

Abb. 3: Bildschirmseite zur Eingabe von Suchkriterien

Falls HERB-OPT keine geeigneten Herbizide findet, gibt es den Grund dafür an. Das entsprechende Auswahlkriterium kann daraufhin entsprechend geändert oder weggelassen werden, um die Datenbanksuche zu optimieren.

4.3 Analyse der Wirtschaftlichkeit

Die wirtschaftlichen Folgen einer Veränderung der Suchkriterien analysiert HERB-OPT in der sogenannten Sensitivitätsanalyse.

Der Benutzer hat die Möglichkeit, die vorher eingegebenen Kriterien zu streichen. Dies ist beispielsweise bei einer Einschränkung des geforderten Wirkungsspektrums auf die ertragswirksamen Unkräuter sinnvoll. Auf diese Weise ist es auch möglich, die wirtschaftlichen Auswirkungen von Umweltschutzauflagen (Wasserschutz, Bienengefährlichkeit etc.) zu ermitteln.

Das Programm listet alle geeigneten Präparate auf und berechnet die Mehr- oder Minderkosten im Vergleich zur billigsten Applikation, die unter Berücksichtigung aller Suchkriterien empfohlen würde. Damit ermöglicht HERB-OPT neben der fachlich korrekten Mittelauswahl auch die wirtschaftliche Optimierung.

4.4 Einsatzentscheidung nach wirtschaftlichen Schadschwellen

Im Entscheidungsteil führt HERB-OPT Berechnungen über die wirtschaftliche Notwendigkeit einer chemischen Unkrautbekämpfung in Wintergetreide durch. Das Entscheidungsmodell wurde am Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen von Frau Dr. B. Gerowitt entwickelt. Grundlage der

```
                                                  Wasserschutzauflagen
                                        Bienengefährdung──┐ │ ┌─Gef.symbol
                   Einsatz bei N.frost gefährdet──┐       │ │ │ fischgiftig
Herbizidname    Fruchtart──┐          Termin EC-EC │       │ │ │ Aufw.m. Kosten
Tribunil                   Winterweizen NAF 10-29 - B4 0 -   - 4  -4   121 -121

Name          Mehr(+)-/Minder(-)-  Bekämpft Unkraut /   Erfüllt   Gef.   Enthält
              kosten(DM/ha)──┐     Unkräuter "U .."     zusätzl.  symbol Wirkstoff
Gropper                     -99. 1  3  5               W- G- F-
Tribunil                    -87. 1  3 4 5                G- F-
Tribunil                    -57. 1  3 4 5                G- F-
Tribunil                    -57. 1  3 4 5                G- F-
Pendiron flüssig            0    1 2 3 4 5               G-

Legende: W-:Keine Wassersch.aufl.  G-:Keine Gef.symbole  F-:Nicht fischgiftig
Unkräuter                                                Wirkstoffe
U 1:Rainkohl                U 6:                         Wi1:
U 2:Fuchsschwanz, Acker-    U 7:                         Wi2:
U 3:Vergißmeinnicht, Acker- U 8:                         Wi3:
U 4:Windhalm                U 9:                         Wi4:
U 5:Vogelmiere              U10:                         Wi5:

Esc Zurück                  BildA, BildV: Blättern                  <─┘ Auswahl
```

Abb. 4: Ergebnis der Sensitivitätsanalyse

Schätzgleichungen bildet die regressionsanalytische Auswertung einer bundesweiten Versuchsserie. Nach der Implementation des Entscheidungskonzeptes in HERB-OPT ist dieses für den Praktiker zugänglich und leicht zu handhaben.

Ziel des Entscheidungskonzeptes ist es, Unkrautbekämpfungen im Herbst wenn möglich zu vermeiden und im Frühjahr nur dann durchzuführen, wenn aufgrund der aufgelaufenen Verunkrautung mit hohen Ertragsverlusten zu rechnen ist. Aus diesem Grund fällt die Entscheidung für eine Unkrautbekämpfung zu den Terminen "Vorauflauf-Herbst" und "Nachauflauf-Herbst" nur dann, wenn aufgrund hoher erfahrungsgemäßer Verunkrautung oder sehr früher Saat mit irreversiblen Schäden zu rechnen ist oder der Schlag im Frühjahr nur schlecht zu befahren ist.

Für den Termin "Nachauflauf-Frühjahr" ermittelt das Programm die Schadschwelle mit Hilfe einer Ertragsverlustschätzung. Dies erfolgt sowohl über die Dichte der Verunkrautung (Pflanzen/m^2) als auch über den Unkrautdeckungsgrad (Prozent), wobei der höhere Wert Verwendung findet. Die Schadschwelle ist erreicht, wenn Herbizide vorhanden sind, die sich für den vorliegenden Fall eignen und deren Preis inklusive der Fixkosten für die Mittelausbringung unter dem geschätzten Ertragsverlust liegt. Dabei berücksichtigt HERB-OPT sämtliche Auswahlkriterien für Herbizide, die auch im Auswahlteil Anwendung finden. Können keine Präparate gefunden werden, die diesen Forderungen entsprechen, so rät das Programm von einer Unkrautbekämpfung ab. Den Grund, der entweder im Fehlen geeigneter Präparate oder in deren zu hohen Kosten liegt, teilt HERB-OPT mit. Der Benutzer kann auch die Ergebnisse der Ertragsverlustschätzung einsehen.

Der umfangreiche Graphikteil erweitert die ausführliche Erklärungskomponente.

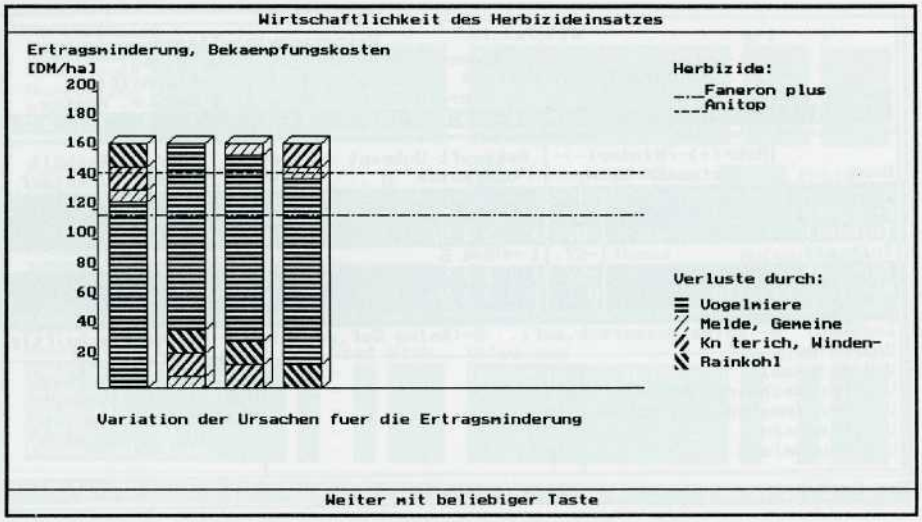

Abb. 5: Zusammensetzung des Ertragsverlustes

Damit stellt das Programm beispielsweise die Ertragswirkung der einzelnen Unkräuter dar. "Wenn-dann-Analysen" sind durch die flexible Berechnung des Ertragsverlustes möglich. Die Graphiken zeigen den Ertragsverlust in Abhängigkeit von seinen Bestimmungsgrößen (z. B.: Dichte der Verunkrautung, erwarteter Verkaufspreis).

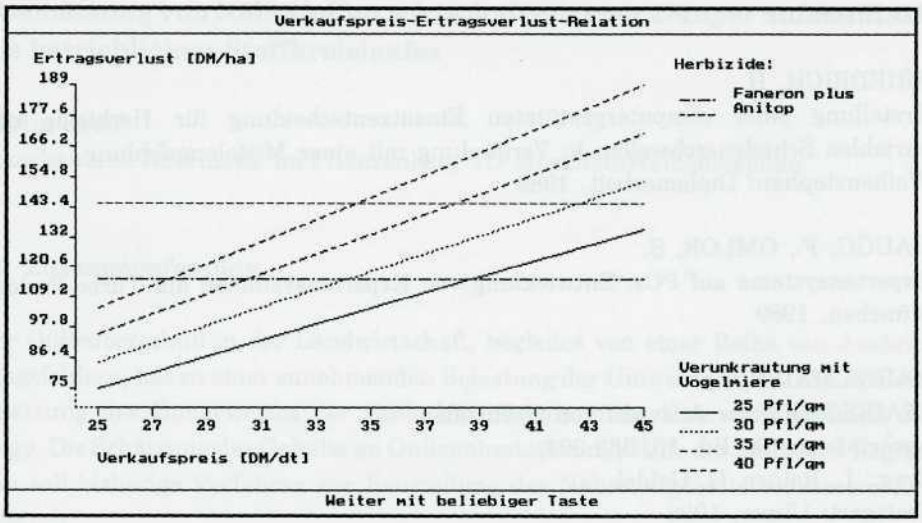

Abb. 6: Sensitivitätsanalyse

HERB-OPT ist als Entscheidungshilfe zu verstehen, die dem Landwirt die letztendliche Entscheidung überläßt. Bevor er sich aber entscheidet, will ihn das Programm so gut wie möglich über die Situation auf dem Acker informieren.

5.0 Diskussion

Das Programm HERB-OPT hat sich bereits in der landwirtschaftliche Praxis bewährt. Es wird bei Landhändlern, Beratern und Landwirten mit Erfolg eingesetzt und verbessert den Überblick über den Herbizidmarkt entscheidend. Es trägt der Forderung nach sachgerechter Mittelauswahl Rechnung.
Die Aktualisierung der Datenbank erfolgt mit Hilfe von Disketten, die per Post versandt werden. Dank guter Zusammenarbeit mit der Biologischen Bundesanstalt (BBA) und der chemischen Industrie erfolgt dies bisher reibungslos und termingerecht.

In Zukunft könnten BTX- und ISDN-Netze für diesen Zweck genutzt werden.
Das Schadschwellenkonzept ist hinsichtlich pflanzenbaulicher Zusammenhänge weiter verbesserungsfähig. In seiner derzeitigen Form ist es sehr gut geeignet die Schadschwellenproblematik zu veranschaulichen und dient als Diskussionsgrundlage in Lehre und Forschung.

Die Einarbeitung in das Programm benötigt nur sehr kurze Zeit und bereitet keinerlei Schwierigkeiten.

6.0 Literatur

FRIEDRICH, H.
Erstellung einer computergestützten Einsatzentscheidung für Herbizide nach variablen Schadensschwellen in Verbindung mit einer Mittelempfehlung
Weihenstephan: Diplomarbeit, 1989

HAUGG, F., OMLOR, S.
Expertensysteme auf PCs, Entwicklung von Expertensystemen auf Turbo-Prolog. - München, 1989

HAINZLMAIER, J.
STAIRS/MIKE zur Auswahl von Herbiziden
Agrarinformatik, Bd. 10, 383-391,
Hrsg.: L. Reiner, H. Geidel,
Stuttgart: Ulmer, 1986

KÜBLER, I.
HERBY - ein Modell zur Herbizidauswahl bei Winterweizen
Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XI, 155-160, Stuttgart, 1988

POHLMANN, J.M.
Wissensbasierte Datenbankabfrage am Beispiel eines entwickelten Prolog-Programms zur Herbizidauswahl am Personal-Computer
Workshop zur Entwicklung von Expertensystemen für die Agrar- und Ernährungswissenschaft, 11-12.10.1988
Kiel: Vaukel, 1989

POHLMANN, J.M.
Einsatz wissensbasierter und konventioneller Programme im landwirtschaftlichen Pflanzenbau. - Dokumentation zum IBM-Hochschulkongress 1989, Bd. II, IBM, Berlin.

SCHUCHARD, W.
HERB-OPT, Weiterentwicklung und Programmierung vom Prototyp zum Auswahl- und Analysesystem für Herbizide mit Turbo-Prolog
Weihenstephan: Diplomarbeit, 1989

WEBER, N.
Markttransparenz bei Pflanzenschutz und Düngemitteln
Angewandte Wissenschaft, Heft 277
Münster-Hiltrup, 1983