Optimierung der Unkrautbekämpfung durch Einsatz von wissensbasierten Systemen und Hypermedia-Technik

M.J. CARRASCAL, Weihenstephan
TH. ENGEL, Weihenstephan
H. FRIEDRICH, Weihenstephan

1. Ansätze zur Verbesserung eines bestehenden Entscheidungssystems zur Unkrautbekämpfung

Die Lehreinheit für Ackerbau und Informatik im Pflanzenbau entwickelte in den letzten Jahren ein Beratungssystem zur Unkrautbekämpfung, das unter anderem eine Einsatzentscheidung für Herbizide in Wintergetreide enthält. Das hier implementierte Konzept variabler Schadschwellen versucht, den Bedingungen im Kulturpflanzenbestand möglichst weitgehend gerecht zu werden, indem es die Lückigkeit und Konkurrenzfähigkeit der Bestände und der Unkräuter, die angebaute Fruchtart und die Art und Dichte der Verunkrautung berücksichtigt (FRIEDRICH, 1989).
Um das System auf die Anforderungen in der landwirtschaftlichen Praxis abzustimmen, sind jedoch weitere Verbesserungen dringend notwendig. Durch Berücksichtigung fallspezifischer Parameter sind Empfehlungen dem Einzelfall anzupassen. Hier sind folgende Bereiche anzuführen:

- Region und klimatischen Bedingungen
  Für ein Gebiet typische Problemunkräuter müssen gesondert bewertet werden.
- Fruchtfolge
  Sowohl die Vorfrucht als auch die beabsichtigte Folgefrucht beeinflussen die Unkrautflora und die Notwendigkeit einer Bekämpfung (DIERCKS & HEITEFUSS, 1990).
- Direkte und indirekte ackerbauliche Maßnahmen
  Neben chemischen können auch mechanische Maßnahmen zur direkten Unkrautbekämpfung eingesetzt werden (IRLA & AMMON, 1991).
  Außerdem tragen indirekte Maßnahmen bei Kenntnis der Standortansprüche der Unkräuter zur Verringerung des Unkrautbesatzes bei. Als Beispiele für indirekte Bekämpfungsverfahren sind anzuführen:
  - Saatterminplanung unter Berücksichtigung der Auflaufzeiten der Unkräuter
  - Beeinflussung der Unkrautkonkurrenz durch Saatstärke und Reihenabstand
  - Kontrolle der Unkrautvermehrung unter Berücksichtigung der Düngung, besonders der Stickstoffdüngung
- Verminderung der Aufwandmengen
  Für den Fall, daß eine chemische Unkrautbekämpfung durchzuführen ist, kann in manchen Fällen mit verminderten Aufwandmengen gearbeitet werden (KUDSK, 1989; GUMMESSON & FOGELFORS, 1990; FOGELFORS,1990).

- Langfristige Wirkungen der Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Unkrautdynamik:
  Alle Maßnahmen von der Saat bis zur Ernte wirken auf die Populationsdynamik der Unkräuter, was in die Empfehlungen einzubeziehen ist.

Ziel des Vorhabens ist es, unter Berücksichtigung möglichst vieler Einflußgrößen ein Beratungsinstrument zum integrierten Pflanzenschutz und zugleich ein umfassendes Informationssystem zu entwickeln.

2. Neue EDV-Techniken

Neue Techniken und Werkzeuge zur Entwicklung von PC-Programmen ermöglichen darüber hinaus eine EDV-technische Neugestaltung des derzeitigen Systems

- Neuaufbau der Erklärungskomponente:
  Der Benutzer soll über den Weg zur Entscheidungsfindung aufgeklärt und auf Alternativen und deren Folgen hingewiesen werden.
- Überarbeitung der Datenbank:
  Neben den Zulassungskriterien der Herbizide sind Daten zu Umweltverhalten, Vorsichtsmaßnahmen und Abfallbeseitigung zu integrieren.
- Verbesserung der Benutzerführung:
  Ständig verfügbare kontextsensitive Hilfen und übersichtliche graphische Bildschirmmasken sollen die Bedienung erleichtern.
- Aufbau eines Informationssystems:
  Neben einer Hilfe zur Einsatzentscheidung soll das Programm als übersichtliches Nachschlagewerk mit Text- und Bildmaterial dienen.

Diese Ziele sind besonders gut durch den Einsatz von Hypermedia und objektorientierter Programmierung zu realisieren. Deren Charakteristika werden im folgenden kurz erläutert.

2.1. Hypermedia-Technik

Hypermedia bezeichnet die Verknüpfung unterschiedlicher Medien (Text, Bild, Graphik, Video und Ton) zur Strukturierung von Informationen. Hypermedia-Systeme erleichtern somit das Verständnis komplexer Wissensgebiete und die Suche nach Auskünften.

Ein Hypermedia-System besteht aus folgenden Komponenten (MOSCOSO, 1990):

- Informationseinheiten (chunks)
  Sie erläutern einen eng umrissenen Teilaspekt des gesamten Wissensgebietes. Solche Einheiten sind in einem Unkraut-Informationssystem beispielsweise die Wirkungsweise eines Herbizides oder die Lebensweise einer Unkrautart. Um die Informationseinheiten ausdrucksvoller darstellen zu können, bestehen diese nicht nur aus Textbausteinen, sondern auch aus Bildmaterial.

- Verknüpfungen (links) zwischen den Informationseinheiten
  Die Verknüpfungen organisieren die isolierten Informationsbausteine zu einem komplexen System und verkörpern die Beziehungen der Einzelelemente untereinander. Beispielsweise bestehen Verknüpfungen zwischen der Wirkungsweise eines Herbizides und seinen Anwendungsbereichen oder zwischen den Standortansprüchen eines Unkrauts und den Kulturen, in denen es auftritt.

Je nach Funktion sind Organisationsverknüpfungen und Navigationsverknüpfungen zu unterscheiden.

- Organisationsverknüpfungen dienen der Strukturierung des Informationssystems. Sie enthalten:
  - Hierarchische Verknüpfungen
    Diese gliedern das bearbeitete Themengebiet nach fachlichen Hierarchieebenen. Die Einteilung der Herbizide erfolgt sowohl aufgrund ihrer Wirkungsweise (Kontaktherbizide, systemische Herbizide) als auch nach deren Anwendungsterminen (Vorauflauf-, Nachauflaufmittel) oder nach dem Aufnahmeort (Wurzel, Blatt) (HEITEFUSS, 1987). Jede Hierarchie besteht aus mehreren Ebenen, die eine primäre Struktur ergeben.
  - Relationale Verknüpfungen
    Sie bauen Beziehungen zwischen Informationseinheiten unterschiedlicher Hierarchien auf. Beziehungen zwischen Anwendungsterminen und Aufnahmeorten beispielweise werden durch diese Verbindungen gestaltet.
  - Schlüsselwörterverknüpfungen (Indexing)
    Sie erlauben den schnellen Zugriff auf Informationen anhand von Schlüsselwörtern, die direkt mit den Informationseinheiten verknüpft sind. Diese Anwendung ist vergleichbar mit dem Glossar eines Buches.
- Navigationsverknüpfungen ermöglichen die Programmsteuerung durch den Benutzer. Sie gestatten die Suche nach weiterführenden Erklärungen zu einzelnen Begriffen und die Tiefensuche in der Informationshierarchie. Rückwärtsverbindungen erlauben die Rückkehr zu vorgehenden Informationseinheiten.

Durch die Anwendung der Hypermedia-Technik ist es möglich, die Information, die der Benutzer zur Lösung seines Problems benötigt, intuitiv zu organisieren.

2.2. Objektorientierte Programmierung

Objektorientierte Programmiertechnik erlaubt die direkte Repräsentation von Objekten der Realität durch Objekte eines Computerprogramms. Bausteine dieser Programmiertechnik sind Objekte, Slots, Methoden, Klassen und Vererbung. Eine ausführliche Erläuterung dieser Begriffe mit Beispielen erfolgt bei ENGEL (1991). Die Verwendung dieser Prinzipien wird anhand der Unkrautbekämpfung kurz erläutert:

- Jede Fruchtart mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften, z.B Saattermin, kann in Form von Objekten abgebildet werden.

- Mit Hilfe von Methoden, die Regeln oder rechnerische Funktionen enthalten, werden die spezifischen Eigenschaften (slots) eines Objektes verändert, z.B. zur Anpassung des Zielertrages an geänderte Umweltbedingungen.
- Objekte, die gleiche Eigenschaften besitzen, werden zu Klassen zusammengefaßt. Klassen sind in ein hierarchisches System eingebettet. Eigenschaften von Klassen werden an die Unterklassen vererbt. So werden z.B. die allgemeinen Eigenschaften einer Klasse Getreide wie Kornzahl, Ertragspotential, Entwicklungsstadium an die Unterklassen Weizen, Gerste, Roggen und Hafer vererbt und brauchen in den Unterklassen nicht neu definiert zu werden.

Diese Strukturierungsmerkmale führen zur Vermeidung von überflüssigen Quellencode und erlauben schnelles und effektives Prototyping. Ein zusätzlicher Vorteil der objektorientierten Programmierung ist die extrem modulare Programmstruktur.

3. Verwendete Werkzeugen

Zur Weiterentwicklung dieses Systems wurden Arity-Prolog zur Erweiterung der Herbiziddatenbank, Arity-Expert zur Implementierung von wissensbasierten Komponenten und Toolbook zur Gestaltung des Informationssystemes und der Benutzerschnittstelle ausgewählt. Arity-Prolog eignet sich hervorragend zur schnellen und äußerst flexiblen Listenverarbeitung. Arity-Expert ermöglicht die regelbasierte Strukturierung von Entscheidungswissen und objektorientierte Wissensrepräsentation. Toolbook ist objektorientiert aufgebaut und bietet hervorragende Hypermedia-Fähigkeiten. Die Verknüpfung dieser drei Werkzeuge schafft die Möglichkeit, die Lösung der verschiedenen Teilprobleme mit dem für diesen Zweck günstigsten Werkzeug schnell und elegant zu realisieren.
Alle Werkzeuge unterstützen die Programmierung von Windowsprogrammen, so daß trotzdem eine einheitliche Benutzerführung gewährleistet ist.

4. Ausblick

Der EG-Agrarpolitik mit stetigen Preissenkungen, aber auch zunehmende ökologische Probleme erfordern eine Anpassung der Produktionstechnik. Intensive Anbautechniken müssen deshalb reduziert und mit extensiven, pflanzenbaulichen Techniken verknüpft werden.
Der Bereich der Unkrautkontrolle ist sehr komplex. Durch die enge Verknüpfung verschiedenster Parameter ist es sehr schwierig, eine sowohl ökologisch als auch ökonomisch richtige Entscheidung für oder gegen eine Bekämpfung zu treffen. Eine Lösung ist in Zukunft nur denkbar durch die Kombination von Entscheidungssystemen, die vielfältiges Wissen aufbereiten, mit Hypermediasystemen, die eine Vielzahl unterschiedlichster Information bereitstellen (WOODHEAD, 1990).
Das geplante System soll den Benutzer bei der Lösung des Unkrautproblems bei verschiedenen Früchten unterstützen, ihm die Problematik veranschaulichen und ihn zu einer bewußteren Entscheidung führen.

5. Literatur

DIERCKS, R., HEITEFUSS, R., 1990.: Integrierter Landbau. Verlagsunion Agrar.

ENGEL, Th., 1991: Effiziente Entwicklung landwirtschaftlicher Simulationsmodelle mit Hilfe objektorientierter Programmierung. In: Referate der 12. GIL - Jahrestagung in Göttingen, Agrarinformatik Band 21, Hrsg. H.-J. Budde et al., Ulmer-Verlag, Stuttgart, S. 383-392.

FOGELFORS, H., 1990: Different doses of herbicide for control of weeds in cereals. Final report from long Term Series. Svenska-Vaextskyddskonferensen, Vol. 31(2), S. 139-151.

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

GUMMESSON, G., FOGELFORS, H.,1990: Possibilities to reduce chemical control of weeds in cereals. Svenska-Vaextskyddskonferensen, v.31(2), p.1-10.

HEITEFUSS, R.,1987: Pflanzenschutz. Grundlagen der praktischen Phytomedizin. Georg Thieme Verlag Stuttgart.

IRLA, E., AMMON, H.U.,1991: Vergleich mechanischer und chemischer Unkrautbekämpfungsverfahren im Getreide. Schweizer-Landtechnik. V. 53(5), p.53-63.

KUDSK, P.,1989: Experiences with reduced herbicide doses in Denmark and the developmnet of the concept of factor-adjusted doses. Brighton Crop Protection Conference. Weeds, p. 545,553.

MOSCOSO, P.,1990: Sistemas Hipermedios: Desarrollo y Configuración. Revista Española de Documentación Científica, 13(3-4): 823-841.

WOODHEAD, N.,1990:Hypertext and Hypermedia. Theory and applications. Addison-Wesley Publishing Company.