

## Schlussbericht

# „Entwicklung und Anpassung eines neuartigen Entscheidungshilfesystems zur integrierten Unkrautbekämpfung (DSS-IWM)“

Forschungsvorhaben: 2816ERA02L

Laufzeit und Berichtszeitraum: 01.04.2016 – 30.09.2019

### **Zahlungsempfänger**

Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) e.V.  
Rüdesheimer Str. 60-68  
55545 Bad Kreuznach

### **Koordinator des Verbundprojekts**

Julius Kühn-Institut (JKI)  
Messeweg 11-12  
38104 Braunschweig

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung Entwicklung und Anpassung eines neuartigen Entscheidungshilfesystems zur integrierten Unkrautbekämpfung (DSS-IWM)	3
Abstract Design and customization of an innovative decision support system for integrated weed management (DSS-IWM)	4
1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen	5
2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse	5
2.1 Ursprüngliche Ziele	5
2.2 Ergebnisse des Vorhabens	6
2.3 Erreichte Nebenergebnisse	9
2.4 Gesammelte Erfahrungen	10
3 Angemessenheit von Aufwand und Zeit	10
4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	11
5 Anschlussfähigkeit für eine mögliche nächste Phase	11
6 Beitrag der Bundesmittel zur Erreichung der Vorhabenziele	12
7 Veröffentlichungen	12

## **Kurzfassung**

### **Entwicklung und Anpassung eines neuartigen Entscheidungshilfesystems zur integrierten Unkrautbekämpfung (DSS-IWM)**

Ziel des Projekts war es, das vom dänischen Partner IPM Consult entwickelte Entscheidungshilfe-Framework IPMwise weiterzuentwickeln und an die Bedingungen in Deutschland und Spanien anzupassen. IPMwise ist eine Entscheidungshilfe für das integrierte Unkrautmanagement (IWM) und wird bereits seit Jahren erfolgreich in Dänemark eingesetzt.

ISIP hat in dem Projekt die Benutzerschnittstelle der Entscheidungshilfe für die Plattform [www.isip.de](http://www.isip.de) als Client-Server-Anwendung neu programmiert. Dabei befinden sich die Regeln und Algorithmen auf dem Server des dänischen Projektpartners („Server“) und die Benutzeroberfläche bei ISIP („Client“).

Die Entscheidungshilfe durchläuft im Beratungsmodus die folgenden drei Berechnungsschritte:

1. Quantifizierung des Unkrautbekämpfungsbedarfs auf der Ebene der Unkrautarten durch Kombination eines Schwellenwertmodells mit einem Modell, das bei Überschreitung der Schwellenwerte Wirksamkeitsziele vorsieht, die mit zunehmender Unkrautdichte allmählich zunehmen.
2. Identifizierung von Herbiziden und damit verbundenen Dosierungen sowie Maßnahmen zur mechanischen Kontrolle, die die Wirksamkeitsziele erfüllen.
3. Optimierung der Herbizid-Mischungen durch Anpassung der in Schritt 2 berechneten Dosierungen.

Die Ergebnisse der Feldversuche in Deutschland haben bestätigt, dass die Ziele des Projekts DSS-IWM erreicht wurden. Die durchschnittliche Wirksamkeit sowohl bei Mais als auch bei Winterweizen war gemäß den Behandlungsvorschlägen des Programms geringfügig niedriger als bei den Standardbehandlungen, lag jedoch an vielen Stellen über 90%. Ein geringer Restunkrautbefall kann akzeptiert werden und beeinträchtigt den Ertrag nicht. Der Behandlungshäufigkeitsindex (TFI) in den DSS-IWM-Varianten wurde um bis zu 50% gesenkt, was zu Kosteneinsparungen bei Herbiziden von 50% bis 60% führte. Das Programm ist daher geeignet, die ökologischen und ökonomischen Ziele der Unkrautbekämpfung im Rahmen des Integrierten Unkrautmanagements (IWM) zu unterstützen.

## **Abstract**

### **Design and customization of an innovative decision support system for integrated weed management (DSS-IWM)**

An originally Danish DSS for IWM, which was designed and constructed by IPM Consult in 2014, as a 4th generation tool in terms of weed modelling and IT basis, was used to construct operational DSS for IWM in Spain, Germany and Denmark for use in wheat and maize.

ISIP reprogrammed the user interface of the DSS for the platform [www.isip.de](http://www.isip.de) as a client-server application. Only one single instance of DSS-IWM is located on a Danish server. The user interface at ISIP ("Client") uses a RESTful Application Programming Interface (REST API) in order to get the DSS's response.

Based on field reports on weed infestations, a tool named 'Consultation' in this DSS will run through the following 3 calculation steps:

1. Quantification of needs for weed control on the weed species level, by combining a threshold model with a model, which provides efficacy targets, when threshold values have been exceeded, which increase gradually with increased weed density (with the aim of keeping weeds on a sufficiently low level)
2. Identification of herbicide products and connected dose rates plus measures for mechanical control, which meet efficacy targets
3. With a set-off in dose rates calculated in step 2: Optimization of herbicide 2-4 way tank-mixtures minimize farmer's cost or some index values

Field trial results confirm that the objectives of the DSS-IWM have been achieved. The average efficacy in both maize and winter wheat according to treatment suggestions of the DSS program was slightly lower than according to the local standard treatments, but at many sites it exceeded 90%. A small residual weed infestation may be accepted and does not interfere with the yield. The treatment frequency index (TFI) in the DSS variants was reduced by up to 50%, resulting in cost savings for herbicides of 50% to 60%. The program is therefore suitable for supporting the ecological and economical objectives of weed control within the framework of Integrated Weed Control.

## **1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen**

Im internationalem Verbundvorhaben „DSS-IWM“ wurde ein verlässliches Entscheidungshilfesystem entwickelt, dass einen in ökologischer und ökonomischer Hinsicht sparsameren Herbizideinsatz in Weizen und Mais ermöglicht. In Deutschland wird dieses System nun von den Pflanzenschutzdiensten der Länder getestet. Es ist vorgesehen, dass sowohl Landwirte als auch Berater als Hauptzielgruppe das System anschließend über bereits bestehende Internetportale zum Integrierten Pflanzenschutz nutzen können. Die Anwender werden vor allem durch Kosteneinsparungen durch den gezielteren und effektiveren Einsatz von Herbiziden und entsprechenden höheren Gewinn profitieren. Diese ökonomischen Effekte sind verbunden mit einer Verringerung der ökologischen Belastung durch den Herbizideinsatz.

Beteiligt waren Partner aus Dänemark, Spanien und Deutschland. Die technische Weiterentwicklung und Verbesserung des Entscheidungshilfesystems wurde vom Julius Kühn-Institut (JKI Deutschland) durchgeführt. Die technische Umsetzung erfolgte durch die Projektpartner IPM Consult (Dänemark) und ISIP (Deutschland). Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts war die Durchführung von Gewächshaus- und Feldversuchen zur Ermittlung fehlender Dosis-Wirkungsdaten bei Herbiziden und zur Validierung der verschiedenen DSS-IWM-Prototypen (durchgeführt von den Partnern JKI und University of Lleida (Spanien)).

## **2 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse**

### **2.1 Ursprüngliche Ziele**

Ziel des Projekts war es, das vom dänischen Partner IPM Consult entwickelte Entscheidungshilfe-Framework IPMwise weiterzuentwickeln und an die Bedingungen in Spanien und Deutschland anzupassen. IPMwise ist eine Entscheidungshilfe für das integrierte Unkrautmanagement (IWM) und wird bereits seit Jahren in Dänemark eingesetzt.

ISIP war in diesem Projekt an dem Arbeitspaket 4 „Modellentwicklung, Verbesserung und Evaluierung“ beteiligt. Insbesondere sollte ISIP die Entscheidungshilfe als Web Anwendung auf seiner Beratungsplattform isip.de bereitstellen. Zielgruppen sind sowohl Landwirte als auch Berater.

## 2.2 Ergebnisse des Vorhabens

Im Berichtszeitraum wurde die Benutzerschnittstelle der Entscheidungshilfe für die Plattform [www.isip.de](http://www.isip.de) als Client-Server-Anwendung neu programmiert. Dabei befinden sich die Regeln und Algorithmen auf dem Server des dänischen Projektpartners IPM Consult („Server“) und die Benutzeroberfläche bei ISIP („Client“). Die Kommunikation mit dem Server erfolgt über den bereits im ISIP System bestehenden Representational State Transfer (REST). REST ist eine Programmierschnittstelle, die sich an den Paradigmen und Verhalten des World Wide Web (WWW) orientiert und einen Ansatz für die Kommunikation zwischen Client und Server in Netzwerken beschreibt. Im vorliegenden Fall wird der Modell-Server per URL/URI angesprochen. Dabei müssen Anfragen an den Modell-Server mehrfach aufgeführt werden, da bestimmte Einträge des Formulars von den vorherigen abhängen und aufeinander aufbauen. So werden Schritt für Schritt alle Informationen abgefragt, die das Modell benötigt. Über die üblichen HTTP-Methoden (GET, POST, PUT,...) kann angegeben werden, welche Operation ausgeführt werden soll. Hat der Client alle notwendigen Parameter abgefragt, so wird ein letztes Mal eine Anfrage an den Server mit den Modellergebnissen gestellt.

Eine besondere Herausforderung bei diesem Vorgehen war es, die korrekte Arbeitsweise des Clients auch in dem Fall sicherzustellen, dass der Anwender während der Eingabe seine Meinung ändert und bereits ausgefüllte Formularfelder korrigiert.

Es wurden alle API Komponenten des Modells integriert:

- API access control
- API for the Consultation tool
- API – legal look up lists
- API – herbicide solutions

Auf Grundlage der implementierten API Komponenten wurde eine Weboberfläche erstellt mit deren Hilfe die Parameter für eine Beratung (API for the Consultation tool) eingegeben werden können. Welche Parameter mit welchen Werten für diese Anfrage gültig sind, wird zuvor über das Modell (API - legal look up lists) ermittelt. Die eingegebenen Parameter werden anschließend an das Modell gesendet und die Antwort für den Anwender in einer Tabelle aufbereitet.

DSS-IWM

Basisdaten > Beratung > Activus SC (2.0 Kg)

**Basisdaten**

Kulturart	Weizen, gewagt (im Test)
Saison	Herbst
Entwicklungsstadium	12.2. Laubblatt entfaltet
Erwarteter Ertrag	Low
Trockenstress	Keiner
Temperature	1 °C - 1 °C
Find lowest	Kosten (Price)
Fuchsschwanz, Acker-, res. Risiko (A,B,C2)	0-2 Laubblätter, 2 - 10 Pfl/m2, 68%
Stiefmütterchen, Acker-	0-2 Laubblätter, ½ - 1 Pfl/m2, 0%

**Produkte**

Activus SC	
Handelsname	Activus SC
Dosis / ha	1.972
Max. Dosis / ha	4.0
Einheit	Kg
Preis (€/ha)	28.99
Wirkmechanismus	K1

**Unkräuter**

Unkrautname	Erwarteter Effekt (%)	Gewünschter Effekt (5)	Ausreichender Effekt nach IPM (%)
Fuchsschwanz, Acker-	67.0	68.0	68.0

22. Januar 2020 08:47 © ISIP - Informationssystem Integrierte Pflanzenproduktion e.V.

Abbildung 1: Darstellung der vorgeschlagenen Pflanzenschutzmittel

Die Entscheidungshilfe durchläuft im Beratungsmodus die folgenden drei Berechnungsschritte:

1. Quantifizierung des Unkrautbekämpfungsbedarfs auf der Ebene der Unkrautarten durch Kombination eines Schwellenwertmodells mit einem Modell, das bei Überschreitung der Schwellenwerte Wirksamkeitsziele vorsieht, die proportional zur Unkrautdichte zunehmen.
2. Identifizierung von Herbiziden und damit verbundenen Dosierungen sowie Maßnahmen zur mechanischen Kontrolle, die die Wirksamkeitsziele erfüllen.
3. Optimierung der Herbizid-Mischungen durch Anpassung der in Schritt 2 berechneten Dosierungen.

Landwirte können von wirtschaftlichen Einsparungen beim Einsatz von Herbiziden profitieren, indem sie eine hohe Wirksamkeit und einen hohen Marktgewinn erzielen. Diese

wirtschaftlichen Auswirkungen gehen mit positiven Umwelteinflüssen aufgrund reduzierter Herbiziddosierungen einher. Das Modell erfüllt folgende Anforderungen:

- DSS-IWM kann online zur Unkrautbekämpfung in Mais und Winterweizen verwendet werden
- DSS-IWM liefert zuverlässige Entscheidungen, die auf die nationalen Bedingungen zugeschnitten sind
- DSS-IWM berücksichtigt Kontrollschwellenwerte und entsprechende „Wirksamkeitsziele“, die von Kombinationen von Kulturpflanzen, Unkrautarten und Unkrautdichteklassen abhängen
- DSS-IWM schlägt Herbizide und Dosierungen vor, die die „Wirksamkeitsziele“ erfüllen.
- DSS-IWM berechnet die Behandlungskosten
- DSS-IWM bietet nach Möglichkeit als Alternative zu Herbiziden auch mechanische Maßnahmen an
- DSS-IWM erleichtert das Management der Herbizidresistenz

The screenshot shows the DSS-IWM interface with a sidebar on the left containing navigation options like 'Basisdaten', 'Beratung', 'Profil', 'Tankmischung', and 'Überblick'. The main content area displays 'Basisdaten > Tankmischung > Ergebnis' with the following parameters:

- Herbizid: Atlantis OD (0.46 L)
- Herbizid: Herold SC (0.49 L)
- Kulturart: Weizen, gewagt (im Test)
- Saison: Herbst
- Entwicklungsstadium: 2. Laubblatt entfaltet
- Erwarteter Ertrag: Low
- Unkrautgröße: 0-2 Laubblätter
- Trockenstress: Keiner
- Temperature: 1 °C - 1 °C

Below these parameters is a table showing weed control results for various weed species. The table includes columns for 'Unkraut', 'Tankmischung', 'Produkt', and 'IPM Zielwirksamkeiten' (with sub-columns for <1, <10, <50, <150, <300, <600, >600).

Unkraut	Tankmischung	Produkt	IPM Zielwirksamkeiten						
			<1	<10	<50	<150	<300	<600	>600
Ehrenpreis, Arten	85.0	84.0	0	55	78	85	90	94	98
Fuchsschwanz, Acker-	90.0	67.0	0	68	84	89	92	95	98
Hirtentäschelkraut, Gemeines	91.0	91.0	0	0	55	84	89	94	98
Kamille, Arten	95.0	91.0	0	68	84	89	92	95	98
Knöterich, Winden-	84.0	84.0	0	55	78	85	90	94	98
Kornblume	55.0	55.0	0	59	80	87	91	95	98
Kratzdistel, Acker-	10.0	10.0	0	59	80	87	91	95	98
Labkraut, Kletten-	82.0	77.0	55	69	79	86	90	95	98
Mohn, Klatsch-	91.0	91.0	0	55	78	85	90	94	98
Raps, Ausfall-	91.0	84.0	55	69	79	86	90	95	98
Resistent (A) Fuchsschwanz, Acker-	68.0	68.0	68	78	85	90	93	96	98
Resistent (A+B) Fuchsschwanz, Acker-	0.0	0.0	68	78	85	90	93	96	98
Resistent (A+B+C2) Fuchsschwanz, Acker-	0.0	0.0	68	78	85	90	93	96	98
Resistent (B) Fuchsschwanz, Acker-	0.0	0.0	68	78	85	90	93	96	98

Abbildung 2: Informationen zu Tankmischungen

Basierend auf aktuellen Untersuchungen zu vielen verschiedenen regionalen Prototypen von Entscheidungsunterstützungssystemen für die Unkrautbekämpfung wurden Datenlücken und zusätzlicher Forschungsbedarf ermittelt. Beispielsweise wurden Kombinationen von Wirksamkeitszielen und Dosis-Wirkungs-Funktionen unter Feldbedingungen validiert. Dieser Vorgang muss fortgesetzt werden, damit das Programm in Zukunft ordnungsgemäß ausgeführt werden kann. Schließlich zielte das Projekt darauf ab, die beste Testversion (in Bezug auf die agronomische Robustheit und das Potenzial zur Reduzierung des Einsatzes von Herbiziden) für die praktische Anwendung auszuwählen und zu verbessern.

### 2.3 Erreichte Nebenergebnisse

In der Entscheidungshilfe werden auch zwei Aspekte des Herbizidresistenzmanagements berücksichtigt.

1. Kontrolle bereits resistenter Biotypen von Unkräutern durch Verwendung von relativ hohen Wirksamkeitszielen und Dosis-Wirkungs-Berechnungen, die sehr geringe Wirkungsgrade bei den Wirkungsweisen aufweisen, bei denen bereits eine Resistenz festgestellt wurde.
2. Optionales Herausfiltern von Lösungen, die riskante Wirkungsweisen enthalten und von denen der Landwirt weiß, dass sie bereits in den vorherigen Kulturen verwendet wurden.

Durch Umkehren der Berechnungen in Schritt 1-3 wurden zusätzliche Tools entwickelt, die Landwirten und Beratern dabei helfen, verschiedene Übersichten über die erwartete Wirksamkeit von Herbiziden und mechanischen Bekämpfungsverfahren für unterschiedliche Kombinationen von Unkrautarten, Unkrautgrößenklassen, Temperaturklassen und Klassen von Trockenstress zu erstellen.

#### Möglichkeiten der Resistenzvermeidung

Verwenden		Ja
Wirkmechanismus vermeiden	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCase (A*)
	<input checked="" type="checkbox"/>	ALS (B*)
	<input type="checkbox"/>	Auxine (O*)
	<input type="checkbox"/>	Fotosynthese (C2*)
Vermeiden Sie nur wenn	<input type="checkbox"/>	MOAs, alleing auftretend
	<input type="checkbox"/>	Hier treten resistenzgefährdete Unkräuter auf

Abbildung 3: Eingabeformular zum Resistenzmanagement

## 2.4 Gesammelte Erfahrungen

Die Ergebnisse der Feldversuche in Deutschland haben bestätigt, dass die Ziele des Projekts DSS-IWM erreicht wurden. Die durchschnittliche Wirksamkeit sowohl bei Mais als auch bei Winterweizen war gemäß den Behandlungsvorschlägen des Programms geringfügig niedriger als bei den Standardbehandlungen, lag jedoch an vielen Stellen über 90%. Ein geringer Restunkrautbefall kann akzeptiert werden und beeinträchtigt den Ertrag nicht. Der Behandlungshäufigkeitsindex (TFI) in den DSS-IWM-Varianten wurde um bis zu 50% gesenkt, was zu Kosteneinsparungen bei Herbiziden von 50% bis 60% führte. Das Programm ist daher geeignet, die ökologischen und ökonomischen Ziele der Unkrautbekämpfung im Rahmen des Integrierten Unkrautmanagements (IWM) zu unterstützen.

Aus technischer Sicht hat sich die Nutzung von RESTful Web-Services als sehr vorteilhaft und belastbar herausgestellt. Die der Entscheidungshilfe zugrunde liegenden Algorithmen und Datenbanken verbleiben auf einem einzigen System. Damit entfallen zum einen die Aufwände für eine Implementierung und zum anderen reduzieren sich die laufenden Aufwände seitens ISIP auf die Pflege der Benutzerschnittstelle. Viel effektiver kann dies durch IPM Consult an dem zentralen System geschehen, die durch die langjährige Arbeit mit dem System das dazu notwendige Know-How haben. Außerdem wird ein unweigerlich über die Zeit erfolgendes Auseinanderdriften zweier unabhängiger Implementierungen effektiv vermieden. Die Server von IPM Consult sind skalierbar auf eine höhere Auslastung ausgelegt, so dass eine ausreichende Performanz für die praktische Nutzung der Entscheidungshilfe in verschiedenen Ländern sichergestellt ist. Sollten sich Änderungen und Verbesserungen aufgrund neuer fachlicher Erkenntnisse ergeben, stehen diese den Nutzern umgehend und ohne Aufwand für ISIP zur Verfügung. Diese überaus positiven Erfahrungen in diesem Projekt werden dazu führen, dass auch ISIP seine eigenen Entscheidungshilfen in Zukunft vermehrt über Web Services anbieten wird.

## 3 Angemessenheit von Aufwand und Zeit

Die wesentlichen Ziele des Antrags wurden während der Laufzeit erfolgreich umgesetzt. ISIP hat den Projektpartnern die Entscheidungshilfe DSS-IWM in einer deutschsprachigen Version zur Verfügung gestellt.

Die im Projekt geleisteten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie der im Projektantrag formulierten Planung entsprachen und alle wesentlichen im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden. Sie haben wesentlich zum weiteren Ausbau des ISIP-Portals beigetragen.

#### **4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Da das Modell in Deutschland noch nicht für die Anwendung in der Praxis bereitgestellt wurde, hat sich ISIP nicht an den Vorstellungen des Projekts auf Feldtagen und andern Veranstaltungen beteiligt. Vorführungen der Bedienung des Modells werden erst dann durchgeführt, wenn geklärt ist, wie das Modell nach Projektende der Praxis zur Verfügung gestellt werden kann.

Landwirten steht daher die Entscheidungshilfe DSS-IWM noch nicht zur Verfügung.

#### **5 Anschlussfähigkeit für eine mögliche nächste Phase**

Aktuell ist die Oberfläche der Entscheidungshilfe so gestaltet, dass Nutzertests durchgeführt werden können. Zukünftig werden das Formular und die Ergebnisausgabe so gestaltet, dass sie sich nahtlos in das ISIP Entscheidungshilfe-Konzept einfügen. Hierzu müssen jedoch zunächst die Erfahrungen der Tests ausgewertet werden.

Es ist weiterhin offen, wie die Einführung der Entscheidungshilfe in den deutschen Markt gelingen kann. Im Projekt wurden von IPM Consult verschiedene Geschäftsmodelle zur Deckung der Nutzungs- und Wartungsaufwände vorgelegt. Sie reichen von einer vom ISIP e.V. zu zahlenden Pauschalgebühr für alle Landwirte bis zu einem individuellen Abonnement interessierter Nutzer. Welches Finanzierungsmodell die höchsten Erfolgsaussichten hat, ist noch zu klären.

Der Betrieb und die Pflege der Benutzeroberfläche der Entscheidungshilfe unter [www.isip.de](http://www.isip.de) werden nach dem Projekt von ISIP übernommen.

## 6 Beitrag der Bundesmittel zur Erreichung der Vorhabenziele

ISIP stellt die Entscheidungshilfe nach Projektende kostenfrei zur Verfügung, da generell nur Empfehlungen der regionalen Berater und Monitoringdaten in ISIP kostenpflichtig sind. Da der ISIP e.V. seine Implementierungskosten also nicht direkt durch Abonnementverkäufe refinanzieren kann, war die Förderung für die Durchführung des Projekts zwingend erforderlich.

## 7 Veröffentlichungen

Bückmann, H.; Bøjer, O.M.; Montull, J.M.; Röhrig, M.; Rydahl, P.; Taberner, A.; Verschwele, A. (2018): DSS-IWM: Ein verbessertes Entscheidungshilfesystem für die integrierte Unkrautbekämpfung in Winterweizen und Mais. In: JKI (Hrsg.): 61. Deutsche Pflanzenschutztagung : Herausforderung Pflanzenschutz - Wege in die Zukunft ; 11. - 14. September 2018, Universität Hohenheim -Kurzfassungen der Vorträge und Poster- (Julius-Kühn-Archiv 461), Braunschweig, 592.

Das Modell steht auf der Internetseite [isip.de](https://www.isip.de) zum Test zur Verfügung: <https://www.isip.de/charts/dssiwm>. Zugänge werden von der ISIP Geschäftsstelle verteilt.

Bad Kreuznach, den 24.01.2020



---

Unterschrift