

ZEPP (Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz), Bad Kreuznach

Autoren: Lilia Martin, Thorsten Zeuner, Benno Kleinhenz

Krautfäuleprognose mit GIS-basierten täglichen Risikokarten im Internet, Validierung

Einleitung

Die Kraut- und Knollenfäule (*Phytophthora infestans*) ist nach wie vor der gefährlichste Schaderreger im Kartoffelanbau. Sobald der erste Befall stattgefunden hat, kann sich bei günstigen Witterungsbedingungen schnell eine Epidemie entwickeln und zu einem erheblichen Schaden mit hohen Ertragsausfällen führen. Daher ist es wichtig, rechtzeitig vor dem Auftreten der ersten Symptome mit einer protektiv wirkenden Behandlung zu beginnen, wobei allerdings ein zu früher Behandlungsbeginn sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen vermieden werden sollte. Die von der ZEPP validierten Schaderregerprognosemodelle SIMPHYT1 und SIMPHYT3 werden bereits seit vielen Jahren in der Praxis erfolgreich eingesetzt, um den optimalen Behandlungstermin der ersten Applikation sowie den Behandlungsabstand zwischen Folgebehandlungen gegen die Kraut- und Knollenfäule zu ermitteln. Wichtigste Eingangsparameter dieser Modelle sind dabei stündliche Wetterdaten. Bei der ZEPP wurde mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen (GIS) ein Verfahren entwickelt, durch das die gemessenen Daten der Parameter Temperatur und relative Luftfeuchte für jeden km² in Deutschland interpoliert werden können. Zudem werden seit kurzer Zeit zur Berechnung von Prognosemodellen flächendeckende stündliche Niederschlagsdaten verwendet, die der Deutsche Wetterdienst (DWD) auf Basis von Radarmessungen berechnet und bereitstellt. Aufgrund dieser beiden Fortschritte im Bereich der Wetterdatenbereitstellung konnten die von der ZEPP entwickelten Prognosemodelle modernisiert und zugleich optimiert werden. Denn mit der flächendeckenden Bereitstellung der erforderlichen Eingangsparameter ist es nun möglich, für jeden beliebigen Schlag in Deutschland ein individuelles Prognoseergebnis zu berechnen. Durch den Einsatz von GIS kann die graphische Darstellung der Prognoseergebnisse ebenfalls flächendeckend in Form von täglichen Risikokarten erfolgen (www.isip.de).

Flächendeckende Bereitstellung der Eingangsparameter

Zur Interpolation von stündlichen Werten der Wetterparameter Temperatur und relative Luftfeuchte wurde von der ZEPP das Interpolations-Verfahren der multiplen Regression gewählt, weil dieses im Vergleich zu anderen getesteten Verfahren die geringsten Abweichungen zwischen interpolierten und gemessenen Daten aufweist und den technischen Anforderungen, vor allem an die Performanz, das heißt ,die Geschwindigkeit der Interpolationsberechnungen, am besten entspricht. Bei der Interpolation mithilfe der multiplen

Regression werden die gesuchten Parameter auf Basis der geographischen Faktoren Längengrad, Breitengrad und Höhe über dem Meeresspiegel berechnet, wobei die Auflösung der Interpolationsergebnisse auf 1 km² festgelegt wurde. Für die Berechnung des gesuchten Parameters gehen jeweils die gemessenen Daten von mindestens acht umliegenden Wetterstationen ein. Somit können temporäre Ausfälle von Wetterstationen kompensiert und Messungenauigkeiten der Messsensorik einzelner Wetterstationen ausgeglichen werden. Außerdem ist dadurch gewährleistet, dass die Interpolationsberechnungen plausible Ergebnisse liefern.

Für die Überprüfung der Ergebnisse der Interpolationsberechnungen wurden die interpolierten Wetterdaten mit den gemessenen Daten der Wetterstationen verglichen. Für die Temperatur wurde dabei eine mittlere Abweichung von weniger als 0,1 °C und für die relative Luftfeuchte von weniger als 0,6 % festgestellt. Damit liegen die Ergebnisse der Interpolation im selben Bereich wie die Messungenauigkeit der Messsensorik an den Wetterstationen und sind daher gleichermaßen zur Berechnung von Prognosemodellen geeignet.

Die Interpolation des Parameters Niederschlag zwischen den Wetterstationen erweist sich aufgrund von kleinräumigen konvektiven Niederschlagszellen (Gewitter), vor allem in den Sommermonaten, als problematisch. Eine Alternative zur Bereitstellung flächendeckender stündlicher Niederschlagsdaten bietet der Deutsche Wetterdienst (DWD) mit dem Produkt RADOLAN an. Dafür erfasst der DWD mittels Radarstationen flächendeckend den Niederschlag und führt anhand von Bodenniederschlagsstationen eine Anreicherung dieser Daten durch. Da die RADOLAN-Daten mit derselben räumlichen Auflösung wie die Ergebnisse der Interpolationsmethode der ZEPP (1 km²) vorliegen, können Prognosemodelle, in die der Parameter Niederschlag eingeht, ebenfalls berechnet werden.

Neben stündlichen Wetterdaten gehen auch regionale Faktoren in die Berechnungen von einigen Modellen ein. Für die Berechnung von SIMPHYT werden beispielsweise langjährige mittlere Temperatur- und Niederschlagswerte benötigt. Diese Parameter waren für die Standorte der einzelnen Wetterstationen festgelegt und mussten zur Erstellung von Risikokarten entsprechend mit einer Auflösung von 1 km² interpoliert werden.

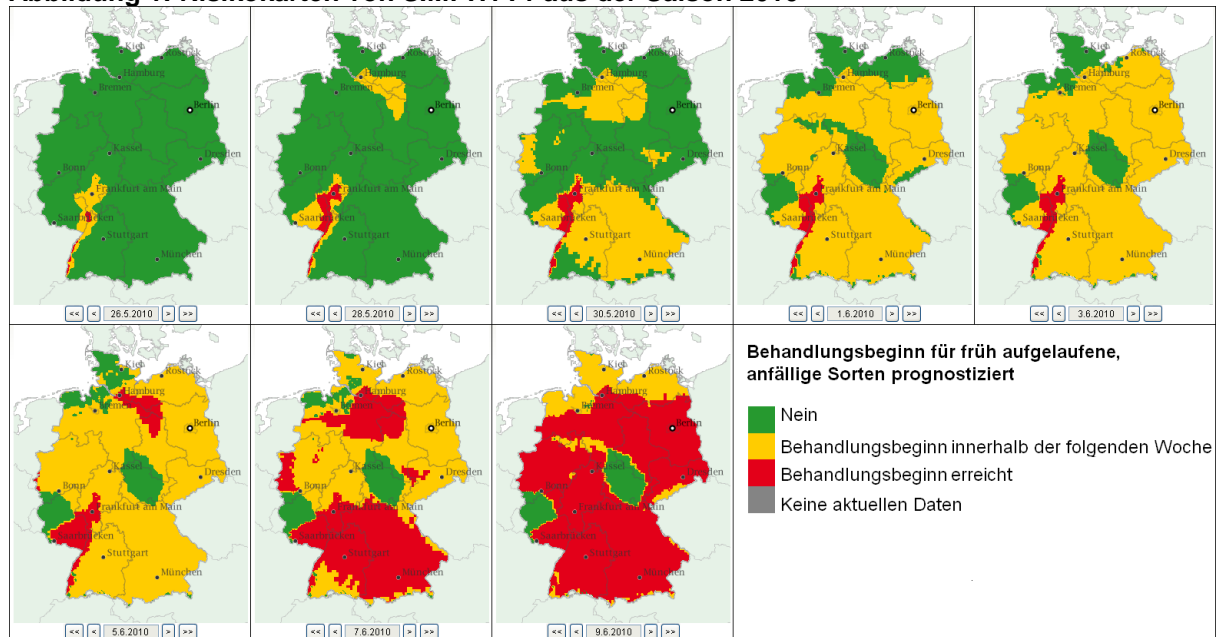
Flächendeckende Prognoseergebnisse

Mit der flächendeckenden Bereitstellung aller erforderlichen Eingangsparameter ist die Grundlage geschaffen worden, um für jeden km² ein individuelles Prognoseergebnis berechnen zu können. Für die praktische Anwendung wurden die Interpolationsmethode und die flächendeckend angepassten regionalen Parameter in die Infrastruktur der Internetplattform ISIP integriert. Seit 2010 können nun auf ISIP Ergebnisse von Schaderregerprognosemodellen mit einer Auflösung von 1 km² in Form von flächendeckenden Risikokarten dargestellt werden.

Risikokarten für das Modell SIMPHYT1

Das Modell SIMPHYT1 prognostiziert den Behandlungsbeginn gegen die Kraut- und Knollenfäule für früh aufgelaufene, anfällige Kartoffelsorten. Das Ergebnis für einzelne Schläge wird dabei als Datum ausgegeben. In der Darstellung mit täglichen Risikokarten wird dagegen eine dreiteilige Klassifizierung eingesetzt. Die verschiedenen Klassen werden dabei durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet. Die Farbe grün bedeutet, dass noch kein Behandlungsbeginn prognostiziert wurde. Gelb weist daraufhin, dass ein Behandlungsbeginn innerhalb der folgenden Woche empfohlen wird und die Farbe Rot signalisiert, dass ein Behandlungsbeginn bereits empfohlen wurde. In Abbildung 1 sind deutschlandweite Risikokarten des Modells SIMPHYT1 aus der Saison 2010 mit jeweils zweitägigem Abstand dargestellt. Auf diesen Risikokarten ist anhand der roten Flächen zu sehen, dass ein Behandlungsbeginn zuerst am 26. Mai in Gebieten des oberen Rheingrabens empfohlen wurde. Erst zehn Tage später wurde für die ersten Gebiete im Norden Deutschlands ein Behandlungsbeginn auf Basis der Modellberechnung empfohlen. Weitere vier Tage später, am 9. Juni, war bereits für nahezu ganz Deutschland ein Behandlungsbeginn ausgewiesen.

Abbildung 1: Risikokarten von SIMPHYT1 aus der Saison 2010

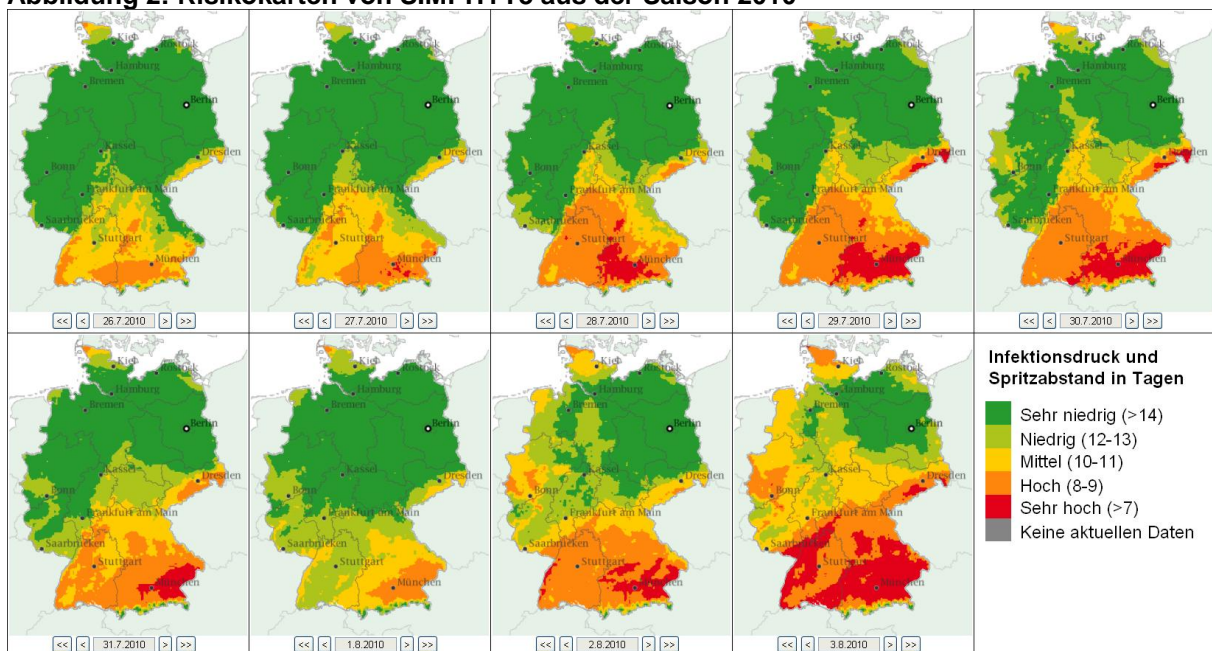


Risikokarten für das Modell SIMPHYT3

Das Modell SIMPHYT3 berechnet täglich auf Basis des Wetters der jeweils letzten 14 Tage den Phytophthora-Infektionsdruck. Das Modellergebnis wird in fünf Klassen, von einem sehr niedrigen bis zu einem sehr hohen Infektionsdruck, ausgegeben. Dem berechneten Infektionsdruck entsprechend wird jeweils ein Spritzabstand zwischen den Folgebehandlungen gegen die Kraut- und Knollenfäule empfohlen. In den neuen Risikokarten wurde für die Darstellung der verschiedenen Klassen ein fünfstufiger

Farbverlauf von Grün über Gelb zu Rot gewählt. In Abbildung 2 sind deutschlandweite Risikokarten von SIMPHYT3 am Beispiel von neun aufeinanderfolgenden Tagen des Jahres 2010 dargestellt. Auf der Risikokarte vom 26. Juli ist der Infektionsdruck für den größten Teil Deutschlands sehr niedrig, was mit der Farbe Grün dargestellt wird. Nur im Süden Deutschlands sind hellgrüne, gelbe und auch orange Flächen eingezeichnet, was bedeutet, dass der Infektionsdruck dort mittel bis hoch ist und dementsprechend ein kürzerer Spritzabstand als im Rest Deutschlands empfohlen wird. Witterungsbedingt ändert sich der Infektionsdruck im täglichen Verlauf zwar relativ wenig, aber das Ergebnis von SIMPHYT3 kann täglich variieren, sodass auf den Risikokarten ein rot eingefärbtes Gebiet nach einem Tag auch wieder orange sein kann und umgekehrt, wie es in Abbildung 2 auf den Risikokarten vom 31. Juli bis 2. August im Südosten Bayerns zu beobachten ist. Auf der Risikokarte vom 3. August schließlich existiert nur ein kleines Gebiet im Nordosten Deutschland mit einem sehr niedrigen Infektionsdruck und ist daher grün eingefärbt. In den gelb bis rot eingefärbten Gebieten Deutschlands herrscht dagegen ein höherer Infektionsdruck. Dies deutet auf einen kürzlich erfolgten Witterungswechsel hin, der sich insgesamt günstig auf die Infektionsbedingungen der Kraut- und Knollenfäule auswirkt.

Abbildung 2: Risikokarten von SIMPHYT3 aus der Saison 2010



Schlagspezifische Prognosen

Mit den flächendeckend zur Verfügung stehenden Eingangsparametern können in ISIP nun auch schlagspezifische Individualprognosen der SIMPHYT-Modelle gerechnet werden. Dabei können individuelle Angaben zu Sorte, Auflaufdatum, bisherigem Befall, Krautwachstum und letzter Behandlung gemacht werden. Zur genauen Lokalisation des Schlages genügt die Eingabe der Postleitzahl bzw. des Ortsnamens oder die direkte Eingabe der geographischen Koordinaten des Schlages in Dezimalgrad. Außerdem ist die Auswahl

des genauen Standortes durch Klick in eine Karte mit Pan- und Zoom-Funktion möglich (vgl. Abbildung 3).

Abbildung 3: Eingabemaske für die Individualprognosen von SIMPHYT1 & 3 auf ISIP

Neuen Prognosestandort mit Klick in die Karte oder durch Ortseingabe auswählen
 PLZ / Ort:

Schlagname:
 Koordinaten:
 Name der verwendeten Sorte:
 Aufaufdatum:
 Besonders gefährdeter Schlag: Hilfe

Sporulierender Befall beobachtet: Ja Nein

Krautwachstum: abgeschlossen normal stark sehr stark

Bei letzter Spritzung verwendetes Fungizid: systemisch teilsystemisch Kontakt

Niederschlag auf der Fläche seit letzter Spritzung mit: nicht-sporizidem Kontaktmittel system., teilsystem. oder sporizidem Kontaktmittel
 0 mm 0-9 mm 10-15 mm 16-20 mm > 20mm
 1-5 mm 6-10 mm > 10mm

[Zum Formular für Wetterstationen](#)

Legende
 Aktueller Prognosestandort

Die Ergebnisdarstellung der Individualprognose erfolgt einschließlich aller angegebenen Daten in Form einer Tabelle (vgl. Abbildung 4). So können Modellergebnisse für mehrere verschiedene Schläge individuell berechnet und anschließend in der tabellarischen Übersicht verwaltet werden.

Abbildung 4: Ergebnistabellen von SIMPHYT1 & 3 auf ISIP

Prognostizierter Phytophthora-Behandlungsbeginn (SIMPHYT1)							
		Individuelle Einstellungen				Prognose erstellt für den	Behandlungsbeginn
Schlagname	Sorte	Aufaufdatum	Gefährdung	Koordinaten			
Kartoffelacker	Belana	18.05.10	niedrig	L: 7.85 / B: 49.84	31.07.10		27.06.10

Prognostizierter Phytophthora-Infektionsdruck (SIMPHYT3)									
		Individuelle Einstellungen					Prognose erstellt für den	Infektionsdruck	Behandlungsabstand
Schlagname	Sorte	Sporen	Krautwachstum	Fungizid	Niederschlag	Koordinaten			
Kartoffelacker	Belana	nein	normal	teilsystemisch	0-9 mm	L: 7.85 B: 49.84	31.07.10	15 Tage	

Infektionsdruck nach SIMPHYT3: sehr niedrig niedrig mittel hoch sehr hoch

Güte und Bewertung von flächendeckenden Prognoseergebnissen

Validierung von SIMPHYT1 für die Saison 2010

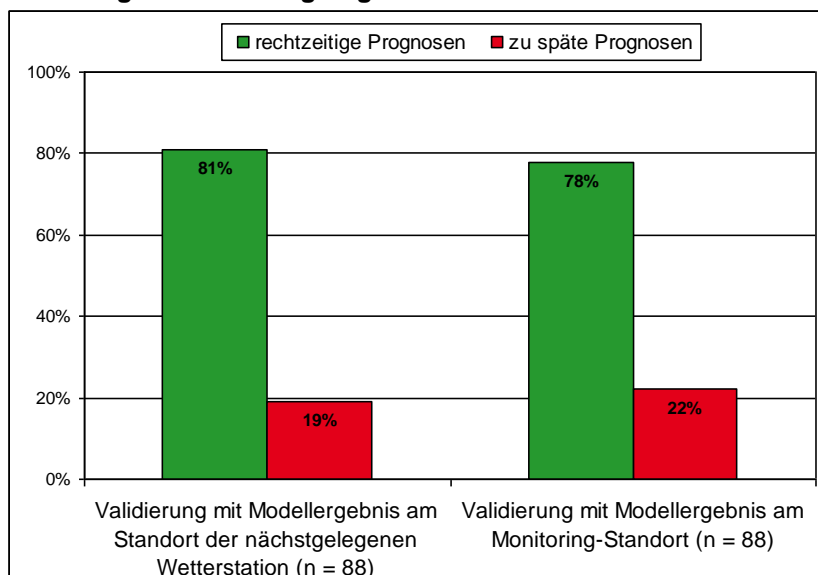
Alle Modelle der ZEPP werden regelmäßig validiert. Dies dient sowohl der Gütekontrolle als auch der ständigen Weiterentwicklung sowie Optimierung der Modelle. Die Validierungen erfolgen anhand von Monitoring- und Versuchsdaten, die überwiegend von den

Pflanzenschutzdiensten der Länder (PSD) erhoben werden. Zur Validierung von Modellen werden berechnete Modellergebnisse mit realen Ergebnissen verglichen. Für das Modell SIMPHYT1 wird demzufolge der prognostizierte Behandlungsbeginn mit dem beobachteten Datum des Auftretens der Kraut- und Knollenfäule auf unbehandelten Kartoffelschlägen verglichen. Ist das beobachtete Erstauftreten später als der berechnete Termin für den Behandlungsbeginn, gilt die Modellprognose laut Bewertungsschema als rechtzeitig. Ist das beobachtete Erstauftreten dagegen früher als der berechnete Termin für den Behandlungsbeginn, wird die Modellprognose als zu spät bewertet.

Bisher wurden Validierungen anhand von Modellergebnissen an der jeweils nächstgelegenen Wetterstation durchgeführt, wobei die Distanz zwischen Feld und Wetterstation bis zu 50 km betragen konnte. Dank der flächendeckenden Modellergebnisse, die mit den flächendeckenden Eingangsparametern berechnet werden, können die Validierungen nun unmittelbar mit Prognoseergebnissen für die Schläge an den Monitoring- und Versuchsstandorten erfolgen.

Für die Saison 2010 wurde das Modell SIMPHYT1 zunächst auf die herkömmliche Art mit Prognoseergebnissen an der jeweils nächstgelegenen Wetterstation validiert und anschließend zum Vergleich mit den schlaggenauen Prognoseergebnissen. An insgesamt 88 Standorten wurde jeweils das anhand des Prognosemodells berechnete Datum für den Behandlungsbeginn mit dem beobachteten Erstauftreten auf dem Feld verglichen. Mit Modellergebnissen an den Standorten der nächstgelegenen Wetterstationen erzielte SIMPHYT1 im Jahr 2010 81 % rechtzeitige und 19 % zu späte Prognosen. Mit schlaggenauen Modellergebnissen an den Monitoring-Standorten wurden 78 % rechtzeitige und 22 % zu späte Prognosen erreicht. Da sich diese Ergebnisse nicht signifikant unterscheiden, kann festgehalten werden, dass die Modellprognosegüte mit der neuen Berechnungsmethode beibehalten wird (vgl. Abbildung 5).

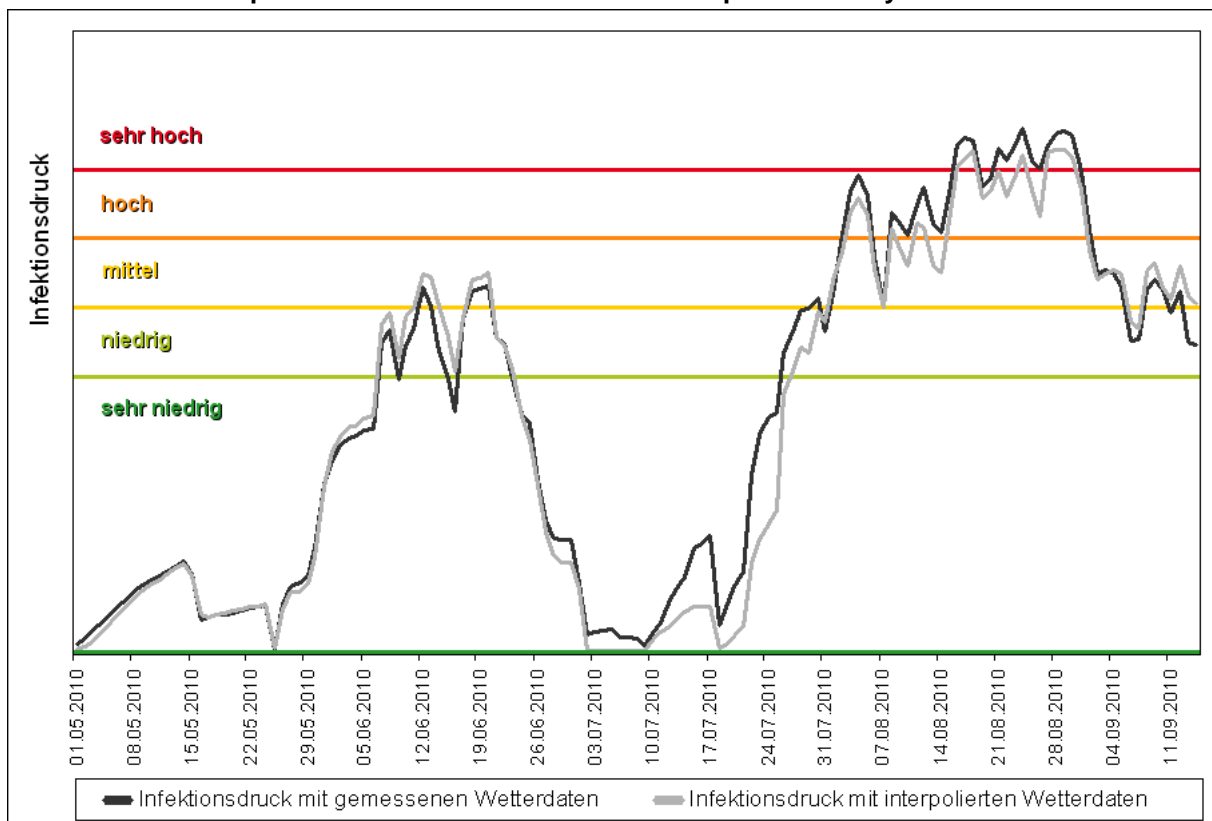
Abbildung 5: Validierungsergebnisse von SIMPHYT1 im Jahr 2010



Vergleich von SIMPHYT3-Ergebnissen mit gemessenem und interpoliertem Wetter

Da das Modell SIMPHYT3 einen Infektionsdruck berechnet, der nicht unmittelbar messbar ist, kann dieses Modell nicht auf klassische Weise validiert werden. Immerhin ist es möglich einen Vergleich zwischen Modellergebnissen mit gemessenen Wetterdaten und Modellergebnissen mit interpolierten Wetterdaten vorzunehmen. Dafür wurden für den Zeitraum vom 01.05.2010 bis 15.09.2010 die jeweils berechneten Ergebnisse als Infektionsdruckverlaufskurven direkt gegenübergestellt. Wie bereits bei der Validierung von SIMPHYT1 festgestellt wurde, existieren auch für das Modell SIMPHYT3 nur wenige Unterschiede zwischen Modellergebnissen mit interpolierten und Modellergebnissen mit gemessenen Wetterdaten, wie in Abbildung 6 an einer zufällig ausgewählten Wetterstation dargestellt ist.

Abbildung 6: Vergleich der Modellergebnisse mit gemessenem und interpoliertem Wetter für SIMPHYT3 am Beispiel des Standorts der Wetterstation Iphofen in Bayern in der Saison 2010



Fazit und Ausblick

Infolge der neu entwickelten Methode zur Interpolation von Wetterparametern sowie der flächendeckenden Bereitstellung von anderen Eingangsparametern können auf der Interplattform ISIP seit 2010 Risikokarten zur Pflanzenschutzberatung eingesetzt werden. Diese Risikokarten stellen Ergebnisse von Schaderregerprognosemodellen flächendeckend dar, indem für jeden km² Deutschlands ein Ergebnis berechnet wird. Die Interpolation der Wetterparameter Temperatur und relative Luftfeuchte sorgt dafür, dass ungenaue Messungen oder ungünstige Wetterstationsstandorte ausgeglichen werden. Durch die

Eingabe von schlagspezifischen Gegebenheiten in einer Individualprognose kann das Ergebnis zusätzlich optimiert werden. Weiterhin müssen Berater und Landwirte für eine Entscheidungshilfe keine Wetterstation mehr auswählen, sondern können für eine Modellberechnung direkt die Koordinaten ihres Schlages angeben bzw. den genauen Standort auf einer interaktiven Karte identifizieren. All diese Modernisierungen führen damit zu einer Verbesserung der Prognosemodelle und zu einer vereinfachten Nutzung der Prognosemodelle in ISIP, denn die flächendeckende Darstellung erleichtert Beratern und Landwirten die Interpretation der Modellergebnisse. Zurzeit wird außerdem an der Integration von flächendeckenden stündlichen Wettervorhersagedaten (COSMO-EU vom Deutschen Wetterdienst) in die bestehenden Prognosemodelle gearbeitet, um die Prognosemodelle mit diesen Daten weiterrechnen können. Dabei werden ab diesem Jahr sowohl Risikokarten als auch die Berechnung von Individualprognosen mit bis zu drei Tagen Vorausschau zur Verfügung gestellt. Dadurch ergeben sich zukünftig längere Planungsphasen für Monitoring- und Behandlungsaktivitäten.