

Abschlussbericht

SmartIPM – Entwicklung von Entscheidungshilfe-Systemen zur Förderung der Umsetzung der Prinzipien des integrierten Pflanzenschutzes in der Praxis



Abbildung 1: Gewächshausversuch im Rahmen des SmartIPM Projektes, A. Pfaff 2017.

Zahlungsempfänger: Julius Kühn Institut,
Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst

Förderkennzeichen: 2816ERA01L

Gesamtlaufzeit: Juni 2016 bis September 2019

Berichtszeitraum: entspricht Gesamtlaufzeit

1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, auch zwecks Evaluierung von Förderprogrammen

Das entwickelte Entscheidungshilfe und Dokumentationsprogramm EDPro stellt eine Hilfestellung auf dem Weg zur Digitalisierung im Pflanzenschutz dar und kann dabei von Betrieben unabhängig von ihrer Größe oder ihrem Anbauverfahren eingesetzt werden. Gegen den Schädling *Aculops lycopersici* im Tomatenanbau stehen aktuell nur zwei offiziell zugelassene Wirkstoffe zur Verfügung, einer davon nur sehr eingeschränkt anwendbar, der andere mit sehr begrenzter Wirkung. Da nicht absehbar ist ob kurz oder mittelfristig neue Akarizide zur Verfügung stehen werden muss hier ein Weg über nicht chemischen oder biologischen Pflanzenschutz eingeschlagen werden. Mit dem entwickelten Monitoring für *A. lycopersici* und den Ergebnissen zur Populationsentwicklung und Ausbreitung dieses Schädlings wurden Erkenntnisse gewonnen, die dazu beitragen werden, den biologischen sowie chemischen und nicht chemischen Pflanzenschutz effizienter zu gestalten.

2. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Vorhabens im Vergleich zu den ursprünglichen Zielen, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen

Ursprüngliche Ziele:

A: Erarbeitung eines aussagekräftigen und regelmäßig zu wiederholenden Monitorings sowie Ermittlung von Schadensschwellen für:

1. *Trialeurodes vaporariorum* & *Bemisia tabaci*
2. *Liriomyza bryoniae*
3. *Aculops lycopersici*
4. *Tetranychus urticae*

B: Validierung der Monitoringverfahren nach folgenden Anforderungen:

1. frühe Detektion
2. genaue Beschreibung der Populationsentwicklung
3. unkompliziert und geringer Zeitbedarf für Anbauer

C: Entwicklung und Programmierung des Prototyps „EDPro“, ein Entscheidungshilfe und Dokumentationsprogramm für den Pflanzenschutz im Tomatenanbau unter Glas in Zusammenarbeit mit ISIP e.V.

D: Testen des Prototyps „EDPro“ in Praxisbetrieben und Optimierung von EDPro in Zusammenarbeit mit ISIP e.V.

Ergebnis im Projekt:

A&B

Trialeurodes vaporariorum & Bemisia tabaci

T. vaporariorum, die Gewächshaus-Weiße Fliege, ist im Tomatenanbau in Deutschland ein allgegenwärtiger Schädling, mittlerweile tritt in Teilen Deutschlands auch die Tabak- Weiße Fliege *B. tabaci* auf. Das Standard-Monitoringverfahren für diese weißen Fliegen im Gewächshaus ist das Aufhängen von gelben Klebefangtafeln. Diese Ködermethode wurde für das Projekt beibehalten. Vorteil der Methode ist, dass mit den verwendeten Tafeln auch die Nützlinge *Encarsia formosa* und *Macrolophus pygmaeus* sowie der weitere Hauptschädling *Liriomyza bryoniae* geködert werden können. In 2016, 2017 und 2018 wurde in Versuchen am Standort und sowohl in Betrieben der Befall mit *T. vaporariorum* und *B. tabaci* mittels Gelbtafelmonitoring ermittelt, das Monitoringverfahren stellte sich als praktikabel heraus. Zugunsten der Schwerpunktsetzung auf *Aculops lycopersici* wurde davon abgesehen, Alternativen zum relativ verlässlich funktionierenden Gelbtafelmonitoring zu untersuchen. In verschiedenen Publikationen konnte bereits eine gewisse Korrelation zwischen Gelbtafelfängen und Befallszahlen auf Tomatenpflanzen für *T. vaporariorum*, *B. tabaci*, aber auch den Nützling *E. formosa* ermittelt werden. Gelbtafelmonitoring und Zählungen auf der Pflanze von *T. vaporariorum* und *B. tabaci* bilden zurzeit auch die grundlegenden Monitoringoptionen die im Entscheidungshilfe und Dokumentationsprogramm EDPro zur Verfügung stehen.

Liriomyza bryoniae

Bei der Durchführung des Schädlings und Nützlingsmonitorings in Praxisbetrieben und in den Versuchsgewächshäusern am JKI Standort in Braunschweig in 2016 wurde vereinzelt Befall durch die Tomatenminierfliege *L. bryoniae* festgestellt. Es wurden über 20 verpuppte

Larven in ein Zuchtkäfig mit Tomatenpflanzen überführt, allerdings gelang es trotzdem nicht eine Zucht zu etablieren. Aus diesem Grund war es nicht möglich im Folgejahr Versuche mit *L. bryoniae* durchzuführen, durch die fehlende Zucht bestand keine Möglichkeit einen künstlichen, frühen und starken Befall zu erzeugen. Anfragen an verschiedene Universitäten oder Forschungseinrichtungen zu bestehenden *L. bryoniae* Zuchten blieben ebenfalls erfolglos. Genau wie im Jahr 2016 war der natürliche Befallsdruck in den Praxisbetrieben sowie in den Versuchsgewächshäusern auch in den Jahren 2017, 2018 und 2019 äußerst gering. Dies reflektiert auch die allgemeine Beurteilung des Schädling für den Deutschen Tomatenanbau. In der Regel kommt es zu geringem Befall ohne Ertragsauswirkungen. In den meisten Gewächshäusern wird die Raubwanze *M. pygmaeus* eingesetzt, diese hat auch eine Wirkung gegen *L. bryoniae*. Monitoring von *L. bryoniae* kann ab einem gewissen Befallsdruck über Gelbtafeln geschehen aber auch die Miniergänge in den Blättern sind bereits sehr deutlich und bei geringem Befallsdruck erkennbar. Aufgrund der geschilderten Umstände, wurde nach 2017 von weiteren Anläufen eine Zucht zu etablieren abgesehen.

Aculops lycopersici

Aufgrund der Aktualität dieses Schädling und der problematischen Befallserkennung und Bekämpfung, sowie im Gegensatz dazu relativ gute Monitoring und Bekämpfungsoptionen was die anderen im Projekt behandelten Hauptschädlinge betrifft, wurde der Fokus im Projekt frühzeitig auf *A. lycopersici* gelegt. Die Tomatenrostmilbe *Aculops lycopersici* tritt in den letzten Jahren immer häufiger im Deutschen Tomatenanbau auf. Obgleich diese Milbe (noch) nicht so omnipräsent wie beispielsweise *T. vaporariorum* ist, ist sie ein bedeutender Schädling dessen Monitoring und Bekämpfung ungleich schwieriger ist. Da es keine genauen Daten zur Ausbreitung und zu verursachten Schäden gibt, wurde im Rahmen von SmartIPM von Dezember 2018 bis September 2019 eine Umfrage unter Betrieben mit Tomatenanbau durchgeführt. Diese Umfrage lieferte interessante Ergebnisse. Insgesamt beteiligten sich 50 Betriebe an der Umfrage mit Tomatenanbauflächen zwischen 90 m² und 200.000 m². Insgesamt decken die 50 Betriebe eine Anbaufläche von circa 130 ha ab und es gibt aus allen 10 Postleitzahlbereichen (0XXXX bis 9XXXX) teilnehmende Betriebe. Von den 50 teilnehmenden Betrieben waren 27 Betriebe integriert wirtschaftend und 23 Betriebe biologisch wirtschaftend. Insgesamt gaben 33 der 50 Betriebe Befall durch *A. lycopersici* an. In 26 der 33 Betriebe mit

A. lycopersici Befall trat *A. lycopersici* zwischen 2014 und 2019 zum ersten Mal auf. Allein in 2018 verzeichneten 9 Betriebe einen Erstbefall mit *A. lycopersici*. Neben dem Fokus auf den beiden wichtigen sich ausbreitenden Schädlingen *A. lycopersici* und *Tuta absoluta* wurde abgefragt welche Schaderreger aus der Sicht der Betriebe am problematischsten sind. Die Ergebnisse der Umfrage befinden sich gerade in der Auswertung und werden für eine Veröffentlichung in einem Journal mit peer review Verfahren vorbereitet. Die Gründe für das hohe Schadpotenzial der Milbe liegen darin, dass beim Auftreten von *A. lycopersici* ein Totalverlust der Tomatenkultur eintreten kann. *A. lycopersici* hat eine maximale Länge von 0,2 mm und ist deshalb mit dem bloßen Auge nicht und mit Lupe nur sehr schwer zu erkennen. Dadurch wird ein Befall erst sehr spät mit dem Auftreten der ersten Symptome festgestellt die zu Beginn mit Nährstoffmangel und zu einem späteren Zeitpunkt mit der Kraut und Braunfäule verwechselt werden können. Hinzu kommt ein Mangel an geeigneten Akariziden und Nützlingen die gegen *A. lycopersici* eingesetzt werden können.

Anders als etwa bei *T. vaporariorum* oder *L. bryoniae* handelt es sich bei *A. lycopersici* um einen nicht flugfähigen Schädling der auch auf Grund seiner Größe nur sehr eingeschränkt mobil ist. Ein Monitoring, etwa mittels Köderfallen an denen die Befallsstärke konzentriert erfasst werden kann ist deshalb nicht möglich. Aus diesem Grund ist eine Einzelbeurteilung der Pflanzen erforderlich. Im Ursprünglichen Projektantrag wurden hier Konzepte eingebracht die das Abwaschen oder Abbürsten von *A. lycopersici* an den Pflanzen mit einer entsprechenden Apparatur vorsehen. Von diesen Ansätzen wurde schließlich aber wieder abgesehen, weil bei stärkerem Kontakt mit Pflanzen, beispielsweise durch Bürsten, die Monitoringapparatur selbst die Ausbreitung von *A. lycopersici* im Bestand verstärken kann.

Die Wahl für ein schnelles, automatisierbares Verfahren fiel schlussendlich auf Spektrometrie. Bereits in der Vergangenheit fanden Versuche statt in denen gezeigt wurde, wie Spektrometrie genutzt werden kann um Pathogen- oder Schädlingsbefall in verschiedenen gartenbaulichen Kulturen zu erkennen und zu identifizieren. In den im Rahmen dieses Projektes bearbeiteten Versuchen wurde ein Spektrometer der Firma Ocean Optics verwendet. Mit diesem Spektrometer wurden Fluoreszenzmessungen am Stängel von Tomatenpflanzen durchgeführt. Die Entscheidung Messungen am Stängel von Tomatenpflanzen durchzuführen wurde getroffen, weil die Stängel anders als Blätter in einem Tomatenbestand in der Regel eine konstante Position und Ausrichtung haben. Außerdem stellt der Stängel an Tomatenpflanzen für *A. lycopersici* eine Art Flaschenhals dar der Überwunden werden muss, um

zu höher gelegenen unbefallenen Arealen vorzudringen. Eine Oberflächenveränderung auf dem Stängel tritt somit unter Garantie früher oder später auf, wohingegen Blätter manchmal nur teilweise Symptome aufweisen die sich auch unterschiedlich schnell entwickeln können. Schon 20 Tage nach der Inokulation konnten die inokulierten Pflanzen auf Basis der Fluoreszenzdaten unter Nutzung eines Modelles zu 91 % korrekt von den nicht inokulierten Kontrollpflanzen unterschieden werden. Die Klassifizierung bleibt unbeeinflusst von der Wasserversorgung der Pflanzen, außerdem wurde gezeigt, dass Befall mit *T. vaporariorum* keinerlei Einfluss auf die Klassifizierung hat. Als weitere Methode kam die Erstellung von Klebebandabdrücken vom Stängel der Tomatenpflanzen zur Anwendung. Diese wurden anschließend unter einem Stereomikroskop auf *A. lycopersici* untersucht und ausgezählt. Hierfür wurde das Standard transparente Klebeband der Marke tesa verwendet. Auszählungen von Tomatenstängeln und anschließend Klebebandabdrücken, beides unter einem Stereomikroskop, ergaben eine starke Korrelation. Dies bedeutet, dass die lokale *A. lycopersici* Dichte auf Tomatenpflanzen durch Auszählen der Klebebandabdrücke unter einem Stereomikroskop eingeschätzt werden kann. Für die Praxis ist diese Art der Quantifizierung aufgrund des hohen Zeitbedarfs nicht für das Monitoring ganzer Bestände geeignet, dennoch hat die Klebebandmethode einen gewissen Nutzen für die Praxis. Da oft auch mit der Lupe bei beginnenden Symptomen schwer festgestellt werden kann, ob die Ursache der Symptome tatsächlich um Rostmilbenbefall handelt, kann ein Klebebandabdruck, zur Verifizierung des Befalles unter dem Stereomikroskop, genommen werden. Auch bei sehr geringer Milbendichte haften bereits einzelne Milben am Klebestreifen. Die Klebestreifenmethode wurde zum Beispiel bei der Arbeitstagung Biologischer Pflanzenschutz 2017 vorgestellt, wo das Verfahren auf großes Interesse bei Pflanzenschutzberatern und Nützlingsfirmen traf, die diese simple Verifizierungsmethode in der Zwischenzeit teilweise auch in die Praxis Routine übernommen haben.

Die Ergebnisse zu diesen Monitoringversuchen wurden unter dem Titel „Mitespotting – Approaches for *Aculops lycopersici* detection in tomato cultivation“ in dem Journal „Experimental and Applied Acarology“ zur Veröffentlichung eingereicht und befinden sich gerade im Reviewprozess (Status: revised Manuscript submitted).

Als Nebenergebnis aus diesen bis hierhin dargestellten Arbeiten wurde beobachtet, dass eine Populationsentwicklung von *A. lycopersici* deutlich schneller voranschreitet, wenn die befallene Pflanze unter Trocken- und Hitzestress leidet. Dies konnte durch die Quantifizierung mittels Klebebandabdruck an den Stängeln der Pflanzen ermittelt werden und bestätigt ähnliche Beobachtungen die sich bereits in der Literatur finden. Diese Beobachtung unterstreicht die Wichtigkeit, dass Tomatenkulturen eine konstant hohe Wasserversorgung erhalten und bei Temperaturspitzen entsprechend geschützt werden. Auch bedeutet das im Hinblick auf klimatische Veränderungen, dass sich heißere und trockenere Sommer zu Gunsten von *A. lycopersici* auswirken werden.

Zwei weitere Versuche zu *A. lycopersici* wurden angelegt um zum einen die Effizienz von Pflanze zu Pflanze Übertragungswegen beurteilen zu können und zum anderen um das Ausbreitungsmuster unter praktischen Bedingungen im Tomatenbestand besser nachvollziehen zu können. Die Verteilung von *A. lycopersici* im Bestand und auf Pflanzen ist sehr heterogen. Für die Berechnung einer Bekämpfungsschwelle ist eine praktikable Quantifizierung von Schäden oder Individuenzahlen unter praktischen Wachstumsbedingungen unabdingbar. Für eine solche Quantifizierung muss nachvollziehbar sein, wie und wie schnell sich *A. lycopersici* im Bestand ausbreitet. Hier konnten verschiedene Beobachtungen gemacht werden. In der Regel traten die ersten erkennbaren Symptome etwa drei Wochen nach der Inokulation mit *A. lycopersici* auf. Trotz Inokulation mit *A. lycopersici* in der oberen Hälfte des beblätterten Teiles der Pflanze, traten die ersten Symptome in allen acht geprüften Doppelreihen ausnahmslos im unteren Bereich der Pflanzen auf. Grund dafür ist nicht etwa, dass *A. lycopersici* auf der Pflanze nach unten migriert, sondern die Natur des Anbaues in „layer-cultivation“. Hierbei wird oben wöchentlich Seil nachgegeben in welches die Pflanze für ihren Wuchs gewickelt wird und im unteren Bereich wird der Pflanzenstängel waagrecht abgelegt und entblättert. Dies hat die Folge, dass die Inokulationsstelle der Pflanze nach unten wandert. Bis zur ersten Symptomausprägung nach der Inokulation verstrichen im Schnitt drei Wochen. Bei einem ungefähren wöchentlichen Pflanzenwuchs von 30 cm bedeutet dies, dass die Inokulationsstelle und somit auch die ersten Symptome mindestens 90 cm unter der ursprünglichen Inokulationshöhe zu finden sind. Eine weitere Beobachtung ist, dass die Arbeitsrichtung beim wöchentlichen Entblättern und Ausgeizen scheinbar keinen Einfluss auf die Ausbreitungsrichtung im Bestand gehabt hat. Prinzipiell ist aber zu erwarten, dass eine Übertragung von *A. lycopersici* bei Kulturarbeiten auch durch Personal statt-

findet. Nach Berührung von befallenen Pflanzenbereichen, selbst bei geringeren Befallsdichten, finden sich auf den getragenen Handschuhen mehrere *A. lycopersici* Individuen.

Im Versuch zur Effizienz der Übertragungsmechanismen wurden die Übertragungswege Luftstrom, Pflanzenkontakt sowie Berührung mit Arbeitshandschuhen mit einer Kontrolle ohne „Übertragungsszenario“ bei Pflanzenpaaren verglichen. Es war jeweils eine Pflanze im Pflanzenpaar mit *A. lycopersici* inokuliert und neben einer nicht inokulierten Zielpflanze platziert. Bestimmt wurde, wann die ersten Rostmilben den Stängel der Zielpflanze erreichten und wie schnell und wie stark sich Symptome jeweils auf der Inokulations- und auf der Zielpflanze entwickeln. Hier stellte sich heraus, dass bei den Übertragungswegen Luftstrom und Handschuh am frühesten Rostmilben auf der nicht inokulierten Zielpflanze zu finden waren. Mit etwas zeitlichem Abstand folgte die Behandlung „Pflanzenkontakt“ bei der zwar schnell Symptome entstanden, allerdings wurden hier die ersten Rostmilben später auf der Zielpflanze gefunden als bei den anderen Übertragungswegen. Aus diesen Beobachtungen lässt sich eine Klassifizierung der Übertragungswege ableiten. Beim Transport mit Arbeitswerkzeug oder Handschuhen werden geringe Zahlen von *A. lycopersici* übertragen, allerdings gezielt, da durch die Person die die Kulturarbeiten durchführt die nächste Tomatens-pflanze angesteuert wird. Bei der Übertragung durch Luftströme ist von einer konstanten aber ungezielten Übertragung einer mittleren Anzahl von *A. lycopersici* auszugehen. Die Ergebnisse im Versuch haben gezeigt, dass die Übertragung der ersten Individuen bereits bei geringer Dichte auf der Ausgangspflanze erfolgt wenn der Luftstrom zielgerichtet zur nächsten Pflanze erzeugt wird. Im Falle der Übertragung durch Pflanzenkontakt handelt es sich um eine späte, bedingt gezielte Übertragung einer sehr großen Anzahl an *A. lycopersici*.

In dem Versuch zur Beurteilung der Ausbreitung im Bestand unter praktischen Bedingungen ist zu erkennen, dass sich die Ausbreitung tendenziell in zwei Phasen unterteilt. Zunächst ein lokaler Populationsaufbau und lokale Symptombildung und zu Beginn nur vereinzelt Übertragung auf andere Pflanzen. Mit dem Erreichen einer gewissen Populationsdichte am ursprünglichen Befallsherd beginnt die 2. Phase der Ausbreitung und die Migration auf benachbarte Pflanzen sowie die Ausbreitung auf weiter entfernte Pflanzen nimmt stark zu. Die Daten zur Ausbreitung und zu den untersuchten Übertragungswegen werden zurzeit ausgewertet und für eine Publikation in einem Journal mit peer review Verfahren vorbereitet.

Tetranychus urticae

Die gemeine Spinnmilbe, im Projektantrag ebenfalls als Hauptschädling geführt, kann im Tomatenanbau unter bestimmten Umständen Schäden hervorrufen. *T. urticae* trat allerdings von 2016 bis 2019 weder in den mit Schädlingsmonitoring überwachten Betrieben an Tomate auf, noch in den eigenen Versuchen am JKI Standort. Anfang 2018 ist es geglückt *T. urticae* von natürlich befallenen Erdbeerpflanzen zu isolieren und auf Tomate zu übertragen. Nach mäßigem Populationswachstum auf der Tomatenpflanze gingen die Zahlen schließlich wieder zurück bis die Zucht aufgegeben werden musste. In der Zwischenzeit wurden in einem Spezifitätstest für die spektrometrische Befallserkennung von *A. lycopersici* weitere Tomatenpflanzen mit *T. urticae* inokuliert, allerdings ist die Etablierung auch auf diesen Tomatenpflanzen nicht geglückt. Im Folgenden wurden keine weiteren Versuche unternommen, eine Zucht mit *T. urticae* auf Tomate zu etablieren oder Versuche mit diesem Schädling durchzuführen. Dennoch bleibt *T. urticae* ein Schädling im Tomatenanbau dem Aufmerksamkeit gebührt.

C&D

Entwicklung, Programmierung und Testphase von EDPro in Zusammenarbeit mit isip e.V.

Im November 2016 fand ein initiales Treffen mit Vertretern von isip e.V. in Bad Kreuznach statt. In diesem Treffen wurde besprochen, was mit dem zur Verfügung stehenden Budget realisiert werden kann. Außerdem wurde ein Zeitrahmen mit konkreten Meilensteinen für die Entwicklungs- und die Testphase abgesteckt. Nach anfänglichen Verzögerungen auf Seiten von isip e.V. wurde schließlich in enger und harmonischer Absprache Benutzeroberfläche, Datenbankstruktur sowie ein Entscheidungsschema für die spätere Entscheidungshilfefunktion entwickelt. Nach der Fertigstellung des Prototyps fanden Tests mit Praxisdaten statt. Und die grundlegenden Funktionen wurden in einem Posterbeitrag auf der Deutschen Pflanzenschutztagung 2018 in Hohenheim vorgestellt.

EDPro wurde in die Entwicklungsumgebung von isip e.V. integriert und wird dort dauerhaft und ohne weitere Gebühren zur Verfügung stehen. Eine Gebührenerhebung für Zusatzmodule, Monitoringtools, so wie durch die Länder ist möglich. Das Programm ist per Browser und zukünftig auch per APP auf mobilen Endgeräten nutzbar. Nach der Erstellung

eines Accounts steht dem / der Nutzer/in der entsprechende Funktionsumfang zur Verfügung. Zu den Funktionen gehört die Möglichkeit, Gewächshäuser anzulegen und diese in Räume und Bestände zu unterteilen. Beispielsweise für den Fall, dass unterschiedliche klimatische Bedingungen vorliegen, dass sich die angebauten Sorten und Kulturen unterscheiden oder etwa andere Anbaupraktiken verfolgt werden. Für die einzelnen Bestände besteht die Möglichkeit, diese in einer schlichten 2D Übersicht darzustellen und sie in Monitoringfelder zu unterteilen. Desweiteren kann ausgewählt werden, für welche Schädlinge ein Monitoring durchgeführt werden soll. Entsprechend der Schädlingsauswahl wird eine Empfehlung für Monitoringdichte, Monitoringintervall und ggf zur präventiven Nützlingsausbringung erstellt. Ab Kulturstart werden Erinnerungen an die Monitoringtermine generiert, sowie nützliche Informationen zur Durchführung des Monitorings bereitgestellt. EDPro gibt spezifische Empfehlungen für Bekämpfungsschwellen die sich aus dem gewählten Schädling, Monitoringdichte und Intervall, kompatiblen Nützlingen und möglichen Anpassungen durch den/die Nutzer/in ergibt. Die Monitoringbereiche in der 2D Darstellung werden entsprechend des Befallsstatus im jeweiligen Bereich eingefärbt sodass schnell ersichtlich ist, ob in einem bestimmten Bereich des Gewächshauses Handlungsbedarf besteht. Der Befall lässt sich auch im Zeitverlauf über die Saison hinweg sowie für vergangene Anbauperioden darstellen. Dies ermöglicht Nutzer/innen beispielsweise mehrjährige Vergleiche zum Erstauftreten von Schädlingen mit wenigen Klicks durchzuführen. Genauso wie die Schädlings- und Nützlingsdichte können in diesem Zeitverlauf auch verschiedenste Gegenmaßnahmen wie beispielsweise der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln oder diverse Kulturmaßnahmen eingetragen werden.

In der gesamten Entwicklungsphase von EDPro wurde größten Wert auf eine möglichst hohe Flexibilität gelegt um eine unkomplizierte Weiterentwicklung sowie Kompatibilität mit verschiedensten Monitoringsystemen oder anderen Erweiterungen zu erzielen. Beispielsweise ist der Dateneingang für Monitoringinformationen formatunabhängig. Dies bedeutet, dass sowohl ein Monitoring durchgeführt werden kann das auf Zählung und händischer Eingabe durch Nutzer/innen basiert, als auch automatisiert, zum Beispiel durch spektrometrische Messungen wie sie im Rahmen dieses Projektes zur Befallserkennung von *A. lycopersici* entwickelt wurden. Im BLE finanzierten Projekt „DSSARTH“ werden zum Beispiel in Zusammenarbeit zwischen der Universität Hannover und ISIP e.V. Prognosemodelle für die Befallsvorhersage von Schädlingen im Gartenbau entwickelt. Durch eine kurze Absprache

konnte erreicht werden, dass die Befallsvorhersage als Modul in EDPro integriert werden kann. Ein weiterer Baustein der zur Flexibilität beiträgt ist die Möglichkeit, dass EDPro unkompliziert in einer Administratoroberfläche durch beliebig viele Kulturen und Schädlinge / Nützlinge erweitert werden kann die dann ebenfalls für Nutzer/innen zur Verfügung stehen. Insgesamt wird damit an eine Zusammenarbeit von Herrn Dr. Meyhöfer (IPP) und Herrn Dr. Böckmann (JKI, damals noch PhD-Student am IPP) im Rahmen des Interreg Projektes „Gezonde Kas“ angeknüpft, in dem die Grundidee zu der Entscheidungshilfe entwickelt wurde.

Neben der hohen Flexibilität wurde Wert auf eine hohe Anwendungsfreundlichkeit durch eine selbsterklärende Benutzeroberfläche gelegt.

Der Schwerpunkt auf Flexibilität und Benutzerfreundlichkeit von EDPro wurde mit der Absicht gelegt eine Weiterentwicklung zu ermöglichen, den Weg in die Praxis zu erleichtern und um schließlich zu verhindern, dass die Entwicklung zur „Karteileiche“ wird.

In der Projektverlängerung bis 30.09.2019 wurden weitere 5.000 € für Arbeiten am Prototyp durchgeführt von isip e.V. vorgesehen. Mit den Mitteln sollten auf Grundlage des Anbauer-Feedbacks zu den Grundfunktionalitäten sowie dem Handling des Programmes notwendige Änderungen implementiert werden. Bei eingehender interner Prüfung der Funktionalitäten waren wir zu dem Schluss gekommen, dass gerade das Handling noch einiger Überarbeitung bedurfte, bevor der Prototyp von Praxisbetrieben getestet werden kann. Wir hatten diese Punkte mit isip e.V. besprochen, woraufhin sich die Firma bereiterklärt hat, die entsprechenden Änderungen noch im Rahme des Ende 2018 erhaltenen Auftrages umzusetzen. Vor diesem Hintergrund wurden die Möglichkeiten eruiert, isip e.V. einen Auftrag für 1 Jahr Support, Pflege und Weiterentwicklung des Prototyps zu erteilen um den Prototyp weiter an die Praxisreife heranzuführen. Dieses war unter anderem aufgrund einer dazu notwendigen ausgabenneutralen Projektverlängerung und der daraus resultierenden Anpassung der Berichtspflichten über das allgemeine Projektende hinaus, die mit der EU-Projektkoordination hätte abgestimmt werden müssen, nicht möglich. Die zur Verfügung stehenden Mittel für Unteraufträge in Höhe von 5000 € wurden daher in den Rücklauf gestellt.

3. Darstellung und Erläuterung der Angemessenheit von Aufwand und Zeit („Wirtschaftlichkeit“)

Grundlegende Erkenntnisse aber auch ganz spezifische Verfahren die besonders im Bereich Monitoring in naher Zukunft zu einer Verbesserung der Situation in der Praxis führen können wurden erarbeitet.

Das Entscheidungshilfeprogramm EDPro wurde im „Baukastenprinzip“ entwickelt und kann die Grundlage für eine Vielzahl an weiterführenden Fragestellungen im Pflanzenschutz darstellen (große Flexibilität – viele verschiedene Kulturen und Anbaumethoden können abgebildet werden).

Beginnend Ende 2018 wurde eine Umfrage zu Schädlingen und Krankheiten unter Betrieben mit Tomatenanbau durchgeführt um Probleme in der Praxis für zukünftige Vorhaben identifizieren zu können.

Mit der Schwerpunktsetzung auf *A. lycopersici* und den zuvor beschriebenen Ergebnissen die im Projekt SmartIPM erarbeitet wurden, erscheinen investierte Zeit und Mittel als angemessen.

4. Aufführung von Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.

Wie bereits anfänglich bei der Darstellung der wichtigsten Ergebnisse erläutert, schlug der Versuch fehl, eine Zucht mit *L. bryoniae* aufzubauen. Aus diesem Grund war es nicht möglich, Versuche mit diesem Schädling durchzuführen, da nur ein sehr geringer natürlicher Befallsdruck vorlag. Ähnlich gestaltete sich die Situation mit dem Schädling *T. urticae*, der Versuch eine nennenswerte Populationsdichte auf Tomatenpflanzen zu etablieren schlug fehl, so standen keine Individuen zur Verfügung um entsprechende Versuche durchzuführen. In beiden Fällen wurde davon abgesehen weitere Ressourcen zu investieren um sich entsprechend der Schwerpunktsetzung gänzlich auf *A. lycopersici* sowie auf EDPro zu konzentrieren.

5. Darstellung und Erläuterung der wissenschaftlichen und ggf. Anschlussfähigkeit für eine mögliche nächste Phase.

Die erfolgreiche Befallserkennung von *A. lycopersici* auf Tomatenpflanzen mittels Spektrometrie innerhalb des SmartIPM Projektes sowie die dabei gesammelten Erfahrungen stellen Teil der Grundlage für ein Folgeprojekt dar. Bei diesem Projekt handelt es sich um „IPMaide“ (Skizze durch BLE positiv beschieden, voraussichtlicher Start 1. Dezember 2019). In diesem kommenden Projekt wird unter anderem das Potenzial von bildgebenden spektrometrischen Verfahren zur Befallserkennung von Schädlingen vornehmlich an Tomate untersucht werden. Zusätzlich wurden mit der unter Betrieben mit Tomatenanbau durchgeführten Umfrage zu Schädlingen mit Schwerpunkt auf *A. lycopersici* interessante Daten generiert. Diese Daten können nach ihrer Veröffentlichung potenziell als Grundlage für weitere Forschungsanträge zu aktuellen Problemen aus der Praxis genutzt werden.

Das im Rahmen des Projektes entwickelte Entscheidungshilfe und Dokumentationsprogramm für den Pflanzenschutz „EDPro“ wurde in einer Weise konzipiert die eine unkomplizierte Erweiterung mit Modulen verschiedenster Art ermöglicht. Dies können zum Beispiel neue Entwicklungen im Bereich Monitoring sein oder auch Erweiterungen mit bestimmten Kulturen und Anbaumethoden. Durch die Zusammenarbeit mit isip e.V. konnte die dauerhafte Verfügbarkeit des Programmes für die Praxis sowie die Basis für eine Weiterentwicklung in Folgeprojekten sichergestellt werden. Durch die frühzeitige Absprache mit dem Projektkonsortium von DSSARTH konnte eine Parallelentwicklung verhindert werden und ein umfangreicheres Programm entwickelt werden, als dies separat in beiden Einzelprojekten möglich gewesen wäre.

6. War der Einsatz der Bundesmittel für die Erreichung des geplanten Vorhabenzieles ursächlich oder wäre dieses Ziel auch ohne Bundesmittel erreicht worden? (einschließlich Bewertung evtl. Mitnahmeeffekte)

Weder Personalausgaben noch Sachausgaben oder die Entwicklungskosten von EDPro betreffend, wäre das Vorhabenziele ohne Bundesmittel erreicht worden. Schädlingsmonitoring und Entscheidungshilfen sind ein entscheidender Baustein im Pflanzenschutz und daher auch prinzipiell ein Forschungsziel am Institut für Pflanzenschutz in Gartenbau und Forst.

Aus diesem Grund sind vergleichbare Tätigkeiten nicht grundsätzlich auszuschließen. Diese wären ohne die Förderung allerdings nicht ansatzweise in einem vergleichbaren Umfang erfolgt. Mitnahmeeffekte lagen im Rahmen dieser Förderung also zu keiner Zeit vor, weder beim Zahlungsempfänger, noch bei Auftragnehmern wie isip e.V.

7. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer – z.B. Anwenderkonferenzen (soweit die Art des Vorhabens dies zulässt) und Darstellung der erfolgten und geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

1. *Entomologentagung 2017* in Freising: Projektvorstellung mit einem Posterbeitrag, Deutsche Fachtagung
2. *IOBC working group meeting for integrated control of plant feeding mites 2017* in Chania: Posterbeitrag mit Versuchsergebnissen zu Bekämpfungsmöglichkeiten von Tomatenrostmilbe sowie Vortrag mit Versuchsergebnissen zu Monitoringmethoden für die Tomatenrostmilbe, Internationale Fachtagung.
3. *Fachreferententagung 2017* am JKI in Braunschweig: Vortrag mit Versuchsergebnissen zu Bekämpfungsmöglichkeiten der Tomatenrostmilbe sowie Vorstellung der getesteten Monitoringmethoden, Deutsche Fachtagung / Anwenderkonferenz.
4. *Arbeitstreffen Aculops lycopersici und Tuta absoluta 2018* in Köln: Vortrag mit Versuchsergebnissen zu Pflanze zu Pflanze Übertragung von und praktikable Monitoringhilfen für die Tomatenrostmilbe. Deutsche Fachtagung / Anwenderkonferenz.
5. *Deutsche Pflanzenschutztagung 2018* in Hohenheim: Poster zum Prototypen des Entscheidungshilfe und Dokumentationsprogrammes für den Pflanzenschutz. Vortrag zur Modellierung einer Unterscheidung von Tomatenpflanzen in Befallen mit Tomatenrostmilbe oder frei von Tomatenrostmilbe anhand von Fluoreszenzmessungen am Stängel der Tomatenpflanzen. Deutsche Fachtagung.
6. *Symposium nicht-chemischer Pflanzenschutz 2019* in Berlin: Posterbeitrag zu Methoden der Befallserkennung von *A. lycopersici*. Deutsche Fachtagung mit Teilnehmer/innen aus dem Bereich der Projektträger und Politik.

T. absoluta. Sowie ein Vortrag zu Monitoringmethoden für *A. lycopersici*, Spanische Anwenderkonferenz.

8. Geplant: *Brandenburger Gewächshausgemüsebautag 2019*: Vortrag als geladener Referent (Elias Böckmann) am 24.01.2020 zum Thema „Aktuelle Forschungsergebnisse zu Ausbreitung, Monitoring und Bekämpfungsstrategien von der Tomatenrostmilbe“, Deutsche Anwenderkonferenz.

Eingereichte Artikel in Journals mit peer review Verfahren:

9. Wissenschaftlicher Artikel im Journal of Experimental and Applied Acarology: “Mitespotting – Approaches for *Aculops lycopersici* detection in tomato cultivation” status: “revised Manuscript submitted”

geplante Artikel in Journals mit peer review Verfahren:

10. Wissenschaftlicher Artikel mit dem vorläufigen Titel “Mechanisms and Pathways of *Aculops lycopersici* propagation in tomato cultivation and a possible method to inhibit *A. lycopersici* population growth”
11. Wissenschaftlicher Artikel mit dem vorläufigen Titel „Survey on pests and diseases in tomato crops amongst German tomato growers with focus on *Aculops lycopersici* and *Tuta absoluta*”