

Verbundabschlussbericht

Vorhabensbezeichnung:

Erarbeitung von Basisdaten zur Prognose der Populationsdynamik und des Befallsrisikos an Obst und Wein durch die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) (Teilprojekte 1-3)

Verbundpartner

Teilprojekt 1:

Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte
Entscheidungshilfen und Programme im
Pflanzenschutz (ZEPP)
Rüdesheimer Str. 60 – 68
55545 Bad Kreuznach

Förderkennzeichen:

2815HS013

Dr. Benno Kleinhenz, Dr. Paolo Racca, Alicia Winkler, Sina Bauer & Claudia Tebbe

Teilprojekt 2:

DLR Rheinpfalz, Abt. Phytomedizin
Breitenweg 71, 67435 Neustadt

Förderkennzeichen:

2815HS020

Uwe Harzer, Christina Weyland, Dr. Karl-Josef Schirra & Marion Gradl

Teilprojekt 3:

Landwirtschaftliches Technologiezentrum (LTZ)
Augustenberg
Neßlerstr. 25, 76227 Karlsruhe

Förderkennzeichen:

2815HS021

Dr. Kirsten Köppler, Dr. Michael Glas, Rebekka Rayher, Mandy Püffeld & Stefanie Alexander

Projektkoordinatorin: Dr. Jeanette Jung (ZEPP Bad Kreuznach/LTZ Augustenberg)

Unterauftragnehmer:

Informationssystem Integrierter Pflanzenbau e.V.
Rüdesheimer Str. 60-68, 55545 Bad Kreuznach
Dr. Manfred Röhrig

Laufzeit des Vorhabens:

01.01.2016 bis 30.04.2021

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	III
1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens	1
1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens	2
1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	4
2. Material und Methoden	5
2.1 Datenakquise	5
2.1.1 Literaturrecherche	5
2.1.2 Datamining bei PSD, Beratung und Wissenschaft	5
2.2 Monitoring	8
2.3 Laborversuche mit <i>D. suzukii</i>	16
2.3.1 Aufbau und Betrieb einer Laborzucht	16
2.3.2 Untersuchungen zum Entwicklungszyklus	17
2.3.3 Untersuchungen zur Mortalität von Ei, Larve, Puppe und Adult	18
2.3.4 Attraktivitätsfaktor der Wirtspflanzen	20
2.4 Freilandversuche	20
2.4.1 Fruchttemperaturmessungen	20
2.4.2 Beobachtungen zur tagesperiodischen Aktivität von <i>D. suzukii</i>	24
2.5 Erstellung des Entscheidungshilfesystems SIMKEF	27
2.5.1 Konzept des Entscheidungshilfesystems SIMKEF	27
2.5.2 Modellierung, Parametrisierung und Validierung des Moduls „Risikopotential“	30
2.6 Validierung	32
2.6.1 Validierung des Ontogenese-Modells	32
2.6.2 Validierung des Entscheidungshilfesystems SIMKEF	34
3. Ergebnisse	37
3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse	37
3.1.1 Monitoring	37
3.1.1.1 Ganzjähriger Aktivitätsverlauf von <i>D. suzukii</i>	37
3.1.1.2 Befallsdaten von <i>D. suzukii</i>	46
3.1.1.3 BBCH-Stadien Obst	48
3.1.1.4 BBCH-Stadien und Grad Oechsle Wein	49
3.1.2 Laborversuche	49
3.1.2.1 Entwicklungszyklus von <i>D. suzukii</i>	49
3.1.2.2 Mortalität von Ei, Larve, Puppe und Adult	53
3.1.2.3 Attraktivitätsfaktor der Wirtspflanzen	56

3.1.3	Freilandversuche	59
3.1.3.1	Fruchttemperaturmessungen.....	59
3.1.3.2	Kameraversuch	63
3.1.4	Modellierung	63
3.1.4.1	Modellierung, Parametrisierung und Validierung des Moduls „Risikopotential“ ...	63
3.1.4.2	Modellierung der Populationsdynamik von <i>D. suzukii</i>	70
3.1.4.3	Modellierung, Parametrisierung und Validierung der Wirtspflanzenphänologie ...	74
3.1.4.4	Implementierung und Anpassung des Entscheidungshilfesystem unter www.isip.de	79
3.1.4.4.1	Technisches Vorgehen	79
3.1.4.4.2	Umsetzung der Benutzeroberfläche.....	80
3.1.5	Validierung des Entscheidungshilfesystem	83
3.1.5.1	Validierung des Phänologie-Moduls.....	83
3.1.5.2	Modellevaluierung - Befallsbeginn	87
3.1.5.3	Modellevaluierung - Befallsverlauf	92
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	93
4.	Zusammenfassung	94
5.	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen (mit Hinweisen auf weitere Fragestellungen)	97
	Literaturverzeichnis	IV
	Abbildungsverzeichnis	VII
	Tabellenverzeichnis	XII
	Anhang 1	XIII
	Anhang 2	XVI

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung

BBCH

EHS

KEF

SIMKEF

Erklärung

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Bundessortenamt und

Chemische Industrie

Entscheidungshilfesystem

Kirschessigfliege

Simulation Kirschessigfliege

1. Ziele und Aufgabenstellung des Vorhabens

Die Kirschessigfliege (KEF; *Drosophila suzukii*) ist ein invasiver, aus Asien stammender Schädling, der erstmals 2011 in Deutschland nachgewiesen wurde und große Schäden im Obst- und Weinbau anrichtet. Der schnelle Entwicklungszyklus, in Kombination mit den eingeschränkten Möglichkeiten zum Pflanzenschutzmitteleinsatz, macht die Bekämpfung sehr schwierig. Hauptziel des Projektes war die Erstellung des Entscheidungshilfesystems (EHS) SIMKEF (SIMulation KirschEssigFliege), welches die Populationsdynamik von *D. suzukii* im Hinblick auf das Befallsrisiko für verschiedene Wirtsfrüchte abbildet, um damit die zulässigen Regulierungsmaßnahmen zielgerichteter einsetzen zu können. Zur Erreichung dieses Zieles wurde der Zusammenhang wichtiger meteorologischer Einflussfaktoren (Temperatur, rel. Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Tageslichtlänge) auf die Biologie und das Verhalten der KEF mittels Laborversuchen und Freilandbeobachtungen beschrieben bzw. funktional erfasst. Zusätzlich fanden Untersuchungen zum Einfluss des Habitats sowie zur Phänologie unterschiedlicher Wirtspflanzen/-früchte statt. Die Ergebnisse bildeten die Basis zur Erstellung des EHS SIMKEF.

Beginnend mit der witterungsbedingten Überwinterung der adulten Tiere soll SIMKEF den Populationsaufbau in den verschiedenen Wirtsfrüchten bis zum Ende der Fruchtreife abbilden. Die Integration phänologischer Modelle der Wirtsfrüchte hinsichtlich ihres jeweiligen Reifestadiums und damit ihrer Anfälligkeit gegenüber dem Schädling in das EHS diene der Eingrenzung von Phasen mit einem hohen Befallsrisiko. Ziel war es, über die Dauer der Fruchtentwicklung, beginnend mit der Fruchtreifephase (BBCH 81) bis zur Abreife (BBCH 89) und in Kombination mit einem witterungsbasierten populationsdynamischen Modell, die Zeiträume hoher Wahrscheinlichkeit für Eiablagen in die Früchte zu berechnen.

Über diese qualitative Prognose zum terminlichen Befall der Wirtsfrüchte lassen sich sowohl Monitoring- als auch Bekämpfungsmaßnahmen steuern. Die Monitoringmaßnahmen dienen der Abschätzung der Befallshäufigkeit und -stärke. Die Prognose der Eiablagewahrscheinlichkeit soll dann der Steuerung von Bekämpfungsmaßnahmen dienen. Dabei spielt die Art der indirekten oder direkten Bekämpfungsmaßnahmen, wie zum Beispiel der Einsatz von Netzen, Antagonisten oder die Anwendung von Insektiziden im Hinblick auf die zukünftige Nutzung des EHS SIMKEF keine entscheidende Rolle. Das entwickelte EHS ist sowohl für den ökologischen, als auch für den konventionellen Obst- und Weinbau von Bedeutung.

1.1 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Arbeiten im Verbundprojekt wurden durch die ZEPP, das LTZ Augustenberg und dem DLR Rheinpfalz partnerschaftlich durchgeführt. Die Basis der Modellierung bildeten die drei Arbeitsschwerpunkte:

- Datenakquise
 - Literaturrecherche
 - Dataming bei Pflanzenschutzdiensten (PSD) Beratung und Wissenschaft
- Monitoring
 - Erfassung der Flugaktivität mittels Essigfallen
 - BBCH Bonituren
 - Befallsbonituren unterschiedlicher Wirtsfrüchte
 - Fruchttemperaturmessungen
- Laborversuche
 - Attraktivitätsversuche
 - Versuche zum Entwicklungszyklus (Ei, Larve, Puppe) in Abhängigkeit der Temperatur und Luftfeuchte
 - Mortalitätsversuche

Das Monitoring und die Laborversuche wurden mit unterschiedlichen Schwerpunkten von allen Verbundprojektpartnern durchgeführt. Hierfür war es notwendig, eine stabile Laborzucht mit lokalen Kirschessigfliegen zu etablieren. Die Versuche und das Monitoring wurden im Laufe der Projektlaufzeit fortlaufend angepasst, um neu entstandene Fragestellungen bearbeiten zu können. Die Modellierung wurde ebenfalls kontinuierlich fortgeführt, sodass auf neue Erkenntnisse oder Fragen schnell reagiert werden konnte und Versuche gegebenenfalls angepasst wurden. Der ursprüngliche und der entsprechend weiterentwickelte Arbeitsplan mit den verschiedenen Arbeitspaketen und beteiligten Verbundpartnern ist in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Diagramm für die einzelnen Arbeitspakete (ursprünglich/angepasst) des Projektes

Jahr	aktuelle Projektphase												Projektverlängerung					Personal			
	2016				2017				2018				2019				2020		2021		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1		2	3	4
Datenaquise (AP1)																					
Literaturrecherche (urspr.) - AP1.1																					A, B
Literaturrecherche (angepasst) - AP1.1																					A, B
Dataming bei PSD, Beratung und Wissenschaft (urspr.) - AP1.2																					C
Dataming bei PSD, Beratung und Wissenschaft (angepasst) - AP1.2																					C
Monitoring (AP2)																					
Aktivitätsverlauf D. suzukii (urspr.) - AP2.1																					B, D, E
Aktivitätsverlauf D. suzukii (angepasst) - AP2.1																					B, C, D, E
BBCH Stadien Obst (urspr.) - AP2.2																					B, D, E
BBCH Stadien Obst (angepasst) - AP2.2																					B, C, D, E
Grad Öchsle Wein (urspr.) - AP2.3																					B, D, E
Grad Öchsle Wein (angepasst) - AP2.3																					B, C, D
Überwinterung u. Erstauftreten D. suzukii (urspr.) - AP2.4																					B, D, E
Überwinterung u. Erstauftreten D. suzukii (angepasst) - AP2.4																					B, C, D, E
Befallsdaten (urspr.) - AP2.5																					B, C, D, E
Befallsdaten (angepasst) - AP2.5																					B, C, D, E
Laborversuche (AP3)																					
Aufbau und Betrieb einer Laborzucht (urspr.) - AP3.1																					B, D, E
Aufbau und Betrieb einer Laborzucht (angepasst) - AP3.1																					B, D, E
Attraktivitätsfaktor (urspr.) - AP3.2																					B, D, E
Attraktivitätsfaktor (angepasst) - AP3.2																					D
Entwicklungszyklus Ei, Larve, Puppe, Adulte (urspr.) - AP3.3																					B, D, E
Entwicklungszyklus Ei, Larve, Puppe, Adulte (angepasst) - AP3.3																					D
Mortalität Ei, Larve, Puppe, Adulte (urspr.) - AP3.4																					B, D, E
Mortalität Ei, Larve, Puppe, Adulte (angepasst) - AP3.4																					B, E
Freilandversuche (AP4)																					
Fruchttemperaturmessungen Obst - AP4.1																					B, C, D
Fruchttemperaturmessungen Wein - AP4.2																					B, C, D
Modellierung (AP5)																					
Konzepterstellung EHS (urspr.) - AP5.1																					A, B, C
Konzepterstellung EHS (angepasst) - AP5.1																					A, B, C
Modellierung Geomodel (urspr.) - AP5.2																					A
Modellierung Geomodel (angepasst) - AP5.2																					A
Anpassung / Validierung Geomodel - AP5.3																					A
Modellierung Populationsdynamik (urspr.) - AP5.4																					A, B
Modellierung Populationsdynamik (angepasst) - AP5.4																					A, B
Parametrisierung der Modelle (urspr.) - AP5.5																					A, B, C
Parametrisierung der Modelle (angepasst) - AP5.5																					A, B, C
Parametrisierung des EHS für die Wirtsfrüchte Him- und Brombeeren - AP5.6																					A, B
Validierung der Modelle (urspr.) - AP5.7																					C
Validierung der Modelle (angepasst) - AP5.7																					C
Validierung des EHS für die Wirtsfrüchte Kirsche und Reben - AP5.8																					A, B
Validierung des EHS für die Wirtsfrüchte Him- und Brombeeren - AP5.9																					C
Erprobungsphase und Praxistestung (regionale Expansion) - AP5.10																					B, C
Implementierung des EHS unter w.w.w.isip.de (urspr.) - AP5.11																					ISIP
Implementierung des EHS unter w.w.w.isip.de (angepasst) - AP5.11																					ISIP
Anpassungen im EHS unter w.w.w.isip.de - AP5.12																					ISIP
Verwaltung (AP6)																					
Projektverwaltung (urspr.) - AP6.1																					A, B, C
Projektverwaltung (angepasst) - AP6.1																					A, B, C
Erstellung von Berichten (urspr.) - AP6.2																					A, B, C
Erstellung von Berichten (angepasst) - AP6.2																					A, B, C

Aufschlüsselung Personal:

- A: Koordination Frau Dr. Jeanette Jung & wiss. Mitarbeiterin Frau Stefanie Alexander (LTZ Augustenberg)
- B: wiss. Mitarbeiterin Frau Alicia Winkler (ZEPP)
- C: B.Sc. Frau Claudia Tebbe & M.Sc. Frau Sina Bauer (ZEPP)
- D: technische Assistentin Frau Christina Weyland & Marion Gradl (DLR Rheinpfalz)
- E: technische Assistentin Frau Rebekka Rayher & Mandy Püffeld (LTZ Augustenberg)

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im Juni 1916 wurden in Yamacho, Higashi Yamanashi County, Präfektur Yamanashi, Japan bis dahin unbekannt Larven in geernteten Kirschen (*Prunus avium*) gefunden. Die befallenen Früchte wurden gesammelt und die Adulten als *Drosophila*-Spezies klassifiziert. Die Art wurde später im Jahr 1931 von Dr. Shounen Matsumura als *Drosophila suzukii* Matsumura erstbeschrieben und mit dem allgemeinen Namen *Drosophila* der Kirsche benannt (KANZAWA, 1939).

Im Jahr 1980 erfolgten erstmals Berichte über wirtschaftliche Schäden durch *D. suzukii* in Hawaii, USA. Im September 2008 wurden Fliegen in einem Himbeerfeld in Santa Cruz County, Kalifornien, USA gesammelt und der Art *D. suzukii* zugeordnet. Dies gilt als erster Nachweis in den Vereinigten Staaten. Innerhalb eines Jahres verbreitete sich die Kirschessigfliege innerhalb von mehr als 20 Landkreisen in Kalifornien und erreichte die Pazifikküste der USA und Kanada (Oregon, Washington und British Columbia/Kanada). Im Jahr 2009 trat *D. suzukii* auch in Florida erstmals auf. Bereits 2010 erfolgte ein Nachweis von *D. suzukii* in sechs weiteren Staaten der USA (Utah, North Carolina, South Carolina, Wisconsin, Michigan und Mississippi). Bis Ende 2013 wurde die Art, mit Ausnahme von nur acht US-Staaten (Arizona, Nevada, New Mexico, Oklahoma, Kansas, Nebraska, South Dakota und Wyoming), im ganzen Land gefunden (BURRACK et al., 2012). In Kanada konnte sich *D. suzukii* seit 2010 in Alberta, Manitoba, Ontario und Quebec etablieren (HAUSER, 2011).

Ein Fund in Spanien im Jahr 2008 gilt als Erstnachweis der Kirschessigfliege für Europa. Seit 2009 tritt sie auch in Südtirol, Italien, auf (CINI et al., 2012; CINI et al., 2014; LEE et al., 2011). Seither schreitet ihre Ausbreitung rasch voran. 2010 folgten Berichte über ihr Auftreten aus weiteren Gebieten Italiens und Spaniens sowie aus Frankreich und Slowenien. Seit 2011 wird *D. suzukii* ebenfalls in der Schweiz, in Österreich und in Deutschland festgestellt. Die Befallsgebiete ab 2012 in Deutschland konzentrierten sich dabei auf Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg sowie Teile Bayerns. Im Jahr 2014 war zu beobachten, dass die Ausbreitung in Deutschland und auf dem gesamten europäischen Kontinent (LAVRINIENKO et al., 2017) weiter äußerst rasch voranschritt (CABI, 2014).

Die Kirschessigfliege ist während eines Kalenderjahres über einen langen Zeitraum aktiv. Dies zeigen Monitoringdaten der letzten Jahre. Ab 2012 erfolgte ab März/April durch die Pflanzenschutzdienste der Länder und weitere Institutionen bundesweit ein intensives flächendeckendes Monitoring. Nach dem Nachweis einzelner Individuen im März/April 2012 am Bodensee und in Nordbaden erfolgten bis Juli bundesweit keine weiteren Fänge. Ab Juli/August dagegen war eine deutliche Zunahme der Fundorte sowie der Fangzahlen zu verzeichnen. Besonders hohe Populationsstärken wurden regional im Südwesten Deutschlands im September/Oktober festgestellt. Anhaltende Fänge waren an einigen Standorten bis Januar 2013 zu verzeichnen. Bereits im Jahr 2014 konnte die Kirschessigfliege bundesweit nachgewiesen werden (KÖPPLER und VOGT, 2015). In Rheinland-Pfalz trat der Schädling in größerem Umfang in der Pfalz und in Rheinhessen auf (SCHIRRA & ALEXANDER, 2014).

2. Material und Methoden

2.1 Datenakquise

2.1.1 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde durch die Projektmitarbeiterinnen kontinuierlich über die gesamte Projektlaufzeit fortgeführt. Dies war im Hinblick auf die Versuchsplanung und die Interpretation der Ergebnisse sowie der fortlaufenden Modellierung von besonderer Bedeutung, da der Wissensstand zu *D. suzukii* nach wie vor sehr dynamisch ist. Insgesamt wurden 440 Literaturquellen in eine interne Literaturdatenbank aufgenommen. Die für die Modellerstellung und Auswertung der Versuche besonders relevanten Literaturstellen sind in diesem Bericht zitiert und im Literaturverzeichnis aufgeführt.

2.1.2 Datamining bei PSD, Beratung und Wissenschaft

Die Datenabfrage zu Monitoringdaten der Kirschessigfliege bei Pflanzenschutzdiensten, Beratung und Wissenschaft wurde jährlich im Zeitraum von 2016 bis 2020 durchgeführt. Für die meisten erfassten Standorte konnten kontinuierliche Datenreihen generiert werden. Zum Ende des Projektes umfasst der Datensatz insgesamt Essigfallenfänge an 407 Standorten, die schwerpunktmäßig im Südwesten Deutschlands (Bundesländer Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg), aber auch im Osten der Republik (Brandenburg und Sachsen) betreut wurden. Die im Rahmen dieses Projektes erhobenen Datensätze der Verbundpartner wurden dem JKI zur Integration in die Datenbank „Drosomon“ übermittelt und sind über die Internetseite <http://drosomon.julius-kuehn.de/> (Stand 27.04.2021) zugänglich.

Die Essigfallen waren zu 44 % in Obstanlagen, zu 31 % in Hecken, zu 15 % in Weinbergen und zu 10 % in sonstigen Habitaten aufgehängt (Abb. 1). Die Fallen in den Obstanlagen befanden sich zu 49 % in Beerenobstanlagen (Himbeere, Brombeere, vereinzelt auch Stachelbeere, Schwarze und Rote Johannisbeere). Circa 41 % der Fallen hingen in Steinobstanlagen, wovon 27 % auf Süß- und Sauerkirschen entfielen. Die übrigen Fallen wurden in Holunder- oder Tafeltraubenanlagen betreut (Abb. 2).

Der Großteil der Fallen in Weinbergen befand sich in Anlagen mit den Sorten ‚Dornfelder‘ (27 %) und ‚Portugieser‘ (7 %). Von etwa einem Viertel der Rebenstandorte ist die Sorte nicht bekannt. Die übrigen Fallen befanden sich in verschiedenen Anlagen, in denen verschiedene Rotwein- oder Weißweinsorten angepflanzt waren (35 %; Abb. 3).

Abb. 4 zeigt die Anteile an ganzjährig bzw. saisonal betreuten Essigfallen der Jahre 2013 bis 2020. Dabei handelt es sich um alle Datensätze, die während der Projektlaufzeit akquiriert wurden, d. h. intern und extern erhobene Daten. Der Anteil ganzjährig erhobener Datensätze variiert über die Jahre, in 2013, 2017, 2018 und 2020 liegt er über 50 %, in den Jahren 2014, 2015, 2016 und 2019 wurden im Verhältnis mehr saisonale Daten erhoben.

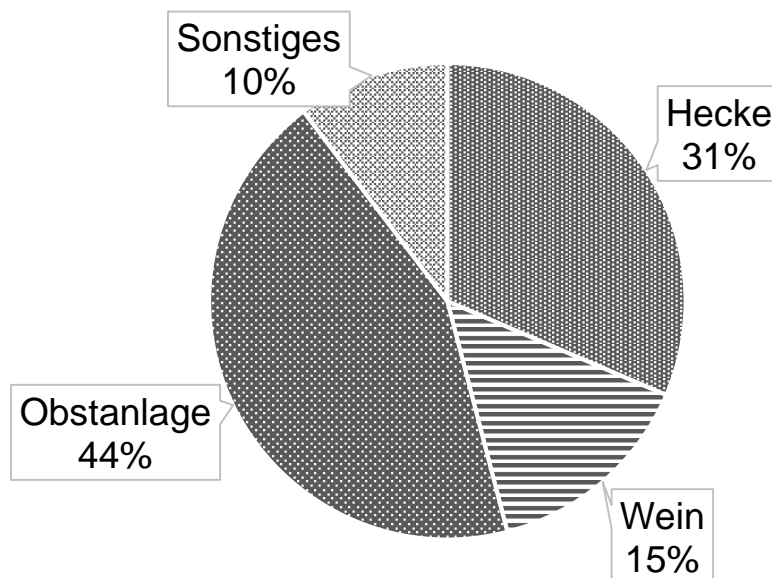


Abb. 1: Zusammensetzung des Datensatzes zu Essigfallenfängen in Abhängigkeit vom Habitat (Stand: 31.12.2020)

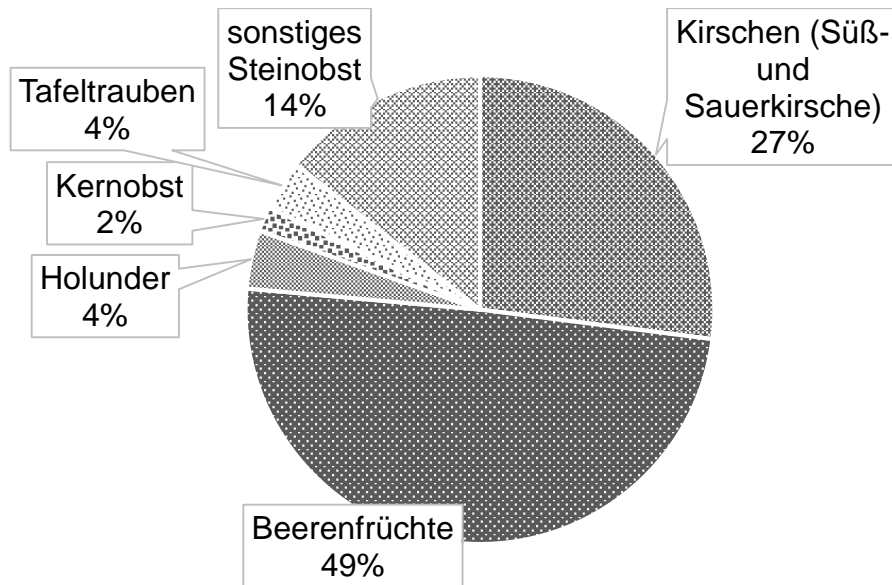


Abb. 2: Zusammensetzung des Datensatzes zu Essigfallenfängen in Obstanlagen in Abhängigkeit von der Kulturgruppe (Stand: 31.12.2020)

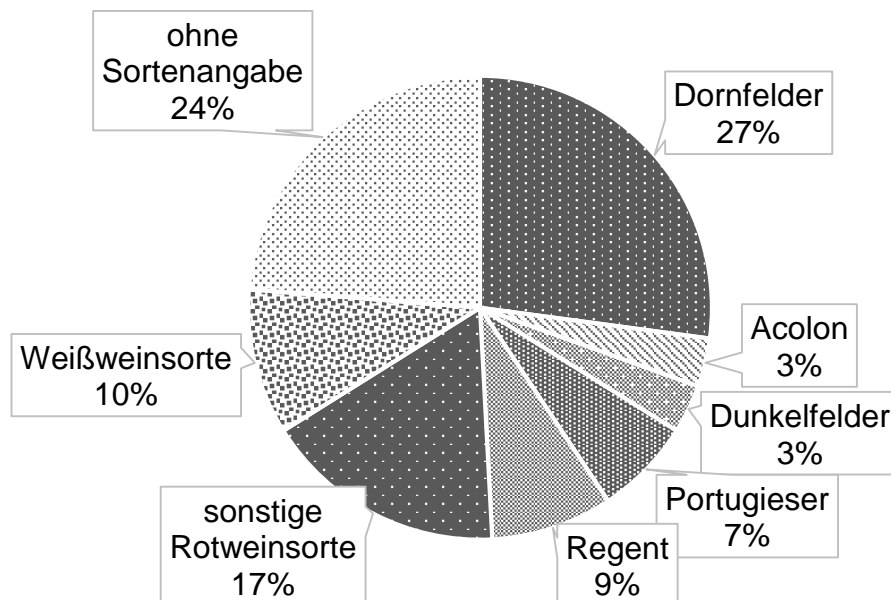


Abb. 3: Zusammensetzung des Datensatzes zu Essigfallenfängen in Weinbergen in Abhängigkeit von der Rebsorte (Stand: 31.12.2020)

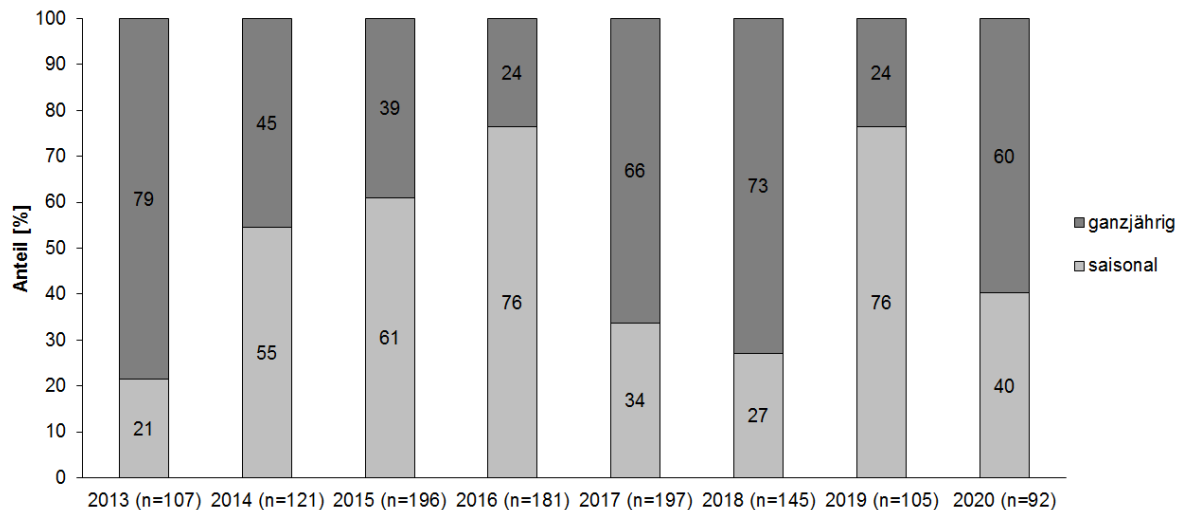


Abb. 4: Prozentualer Anteil an ganzjährig bzw. saisonal betreuten Essigfallen pro Jahr des Gesamtdatensatzes (interne und externe Datenerhebungen), Stand: 31.12.2020

2.2 Monitoring

Das Monitoring der Aktivität des Schädlings sowie des Befalls durch den Schädling an ausgewählten Wirtsfrüchten wurde in allen fünf Projektjahren von allen drei Projektpartnern umfangreich durchgeführt. Im Laufe der Jahre kam es zu geringfügigen Anpassungen, die sich auf Grundlage neuer Erkenntnisse oder Standortveränderungen ergaben. Die Erhebungen dienen zur Gewinnung von Daten zur Modellentwicklung und -validierung, wobei sich die Untersuchungen ab 2017 auf die Kulturen Kirsche, Himbeere, Brombeere, Holunder und Reben konzentrierten. Das Monitoring bestand aus folgenden drei Schwerpunkten:

1. Essigfallenmonitoring: Ganzjährige Erfassung der Aktivität der adulten Fliegen in Obst- und Rebanlagen sowie angrenzenden Hecken.
2. Befallsmonitoring: Erfassung des Befalls inkl. Erstbefall (Befallshäufigkeit: Befall ja/nein) von Kulturfrüchten in Abhängigkeit von ihrem Reifegrad. Die Befallseinschätzung erfolgte in Abhängigkeit von der Fruchtbeschaffenheit durch Bonitur des Ei- bzw. Larvenbefalls.
3. Bonitur der Wirtspflanzenentwicklung: Erfassung der Entwicklungsstadien von Kirschen, Him-, und Brombeeren, Holunder sowie Weinbeeren.

Die Boniturstandorte wurden in allen Jahren weitgehend beibehalten (Abb. 5). Lediglich einige Standorte konnten nicht über die kompletten 5 Jahre beobachtet werden, da es z. B. zu Rodungen oder ergebnisverfälschenden Pflanzenschutzmittelanwendungen kam. Zudem wurde die Anzahl der Standorte im Laufe der Jahre erweitert. Die Lage der einzelnen Standorte sind nach Verbundpartnern in Abb. 5 zu sehen.

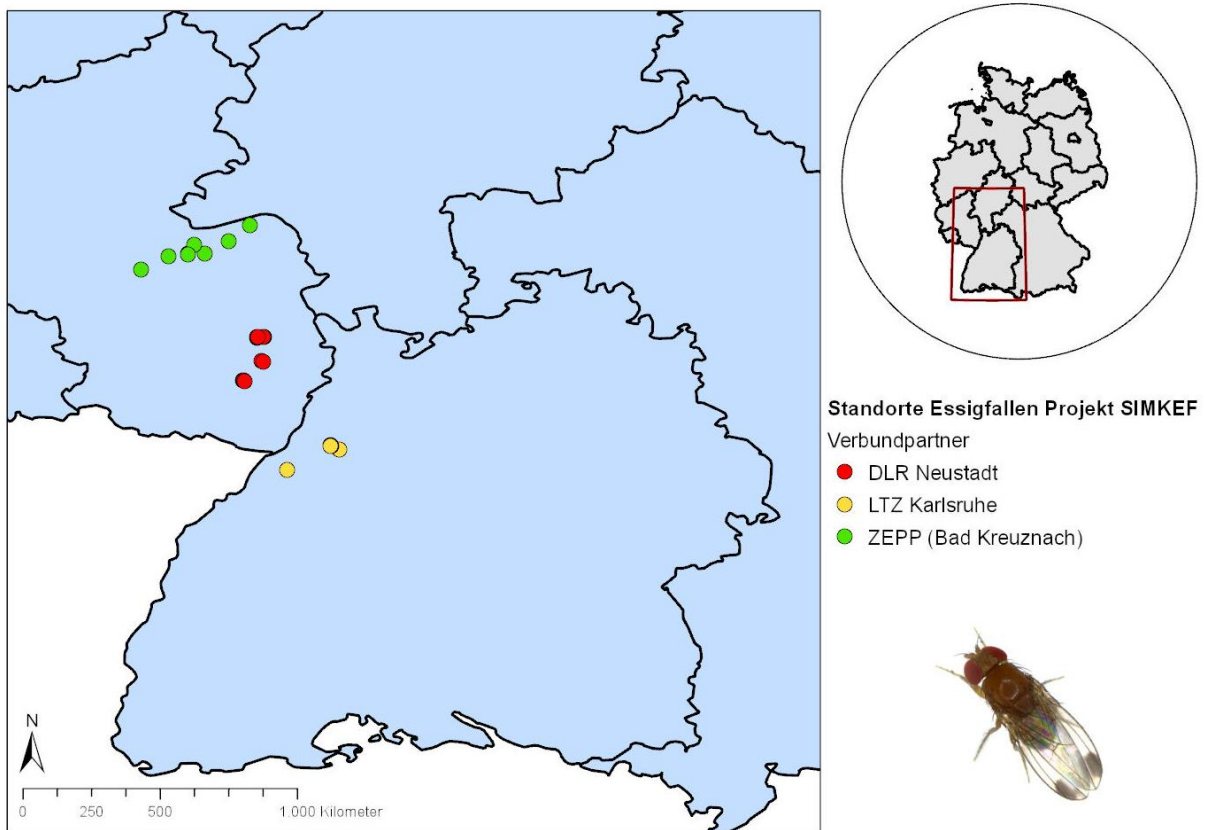


Abb. 5: Monitoringstandorte von *D. suzukii* (Essigfallen und/oder Befallsmonitoring) der drei Verbundpartner in Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg in den Jahren 2016-2020

Das Essigfallenmonitoring wurde nach folgendem Prinzip durchgeführt: Es wurden jeweils ein bis zwei Essigfallen in eine Hecke neben Obst- bzw. Rebanlagen, sowie zusätzlich an den Standorten von LTZ und DLR ein bis drei Fallen in der Kultur aufgehängt. Die Fallen wurden einmal wöchentlich geleert und die Anzahl gefangener adulter männlicher bzw. weiblicher *D. suzukii* bestimmt. Mit diesen Erhebungen wurden Daten zur Berechnung des Überwinterungs- bzw. Übersommerungserfolges gewonnen.

Ab dem Umfärben der Früchte von grün nach gelb/rot bzw. ab dem Beginn der sorten-/kulturtypischen Ausfärbung (BBCH-Stadium 81) wurden aus den Obst- und Rebanlagen, die sich vorzugsweise in Nachbarschaft zu den Essigfallen in den Hecken befanden, Proben entnommen und auf einen Befall mit Eiern bzw. Larven der KEF untersucht. Der Fokus lag, wie bereits erwähnt, auf den Kulturen Kirsche, Himbeere, Brombeere und Weinrebe. Um einen validen Befallsverlauf abbilden zu können, wurde immer derselbe Baum bzw. derselbe Bereich der Anlage beprobt. Die Probenahme fand mindestens einmal pro Woche und bis zu dreimal pro Woche statt. Der Probenumfang sowie die untersuchten Reifestadien (siehe Abb. 6) und die erfassten Entwicklungsstadien der KEF waren je nach Kulturart unterschiedlich. Es wurden ausschließlich Zufallsproben und keine Verdachtsproben untersucht. Der Umfang der

Untersuchungen verschiedenster Obstkulturen aller Untersuchungsjahre kann Tab. 2 entnommen werden.

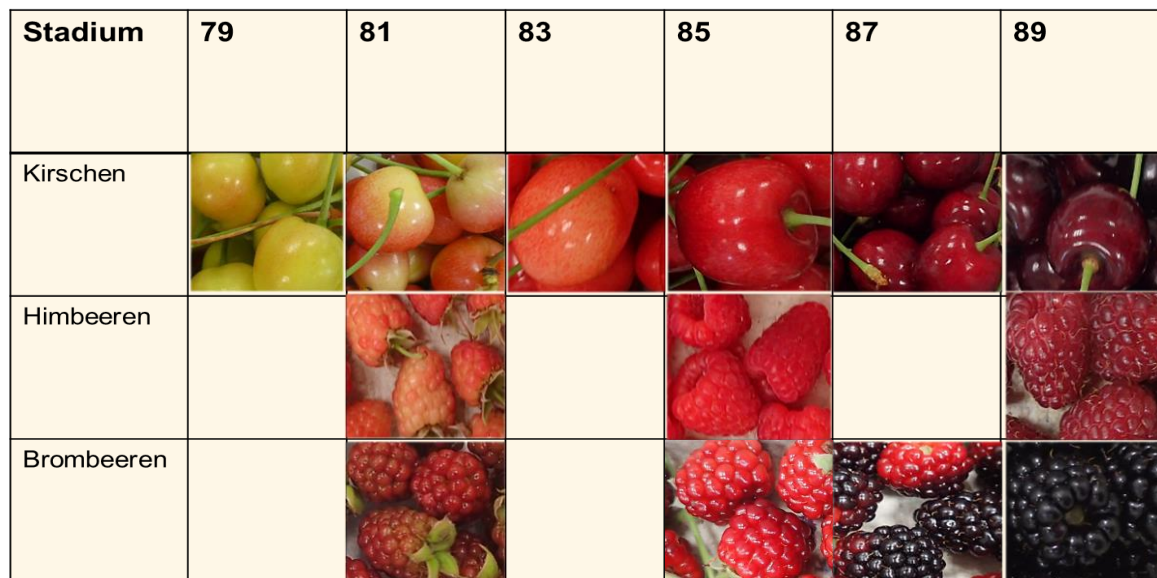


Abb. 6: Im Befallsmonitoring Obst untersuchte Reifegruppen der Kulturen Kirsche, Himbeere und Brombeere

Tab. 2: Übersicht über alle im Befallsmonitoring ‚Kirsche‘, ‚Him- und Brombeere‘ und ‚sonstige Kulturen‘ untersuchten Fruchtproben der Jahre 2016 bis 2020

Kulturart	Projekt-partner	Standort	Sorte	Anzahl Fruchtproben (n)					Summe Fruchtproben pro Kultur (alle Jahre) 1		
				2016	2017	2018	2019	2020			
Süßkirsche	LTZ	Karlsruhe	Giorgia	8	11	26	34	34	432		
			Samba	x	x	x	30	31			
			Sylvia	x	x	x	29	24			
			Regina	18	9	56	63	59			
Sauerkirsche	ZEPP	Heidesheim	Hecke	x	5	1	9	9	67		
			Anlage	x	10	5	13	10			
			Gerema	x	x	9	15	9			
			Schattenmorelle	x	9	x	x	x			
Himbeere	DLR Rheinpfalz	Neustadt/W	Erika	x	x	x	38	25	624		
			Tulameen	x	24	97	45	33			
			Polka Meeker	12	x	111	79	91			
Brombeere	DLR Rheinpfalz	Neustadt/W	Chester Thornless	x	x	x	29	23	582		
			Loch Ness	18	32	116	52	97			
			Dirksen Thornless	32	45	52	86				
Sonstige Kulturen 2	DLR Rheinpfalz	Neustadt/W	x	30	33	x	x	x	207		
			LTZ	Karlsruhe	x	57	38	20		x	x
			ZEPP	Bad Kreuznach	x	x	29	x		x	x

1 2016-2018 50 Früchte bzw. 2019-2020 30 Früchte pro Fruchtprobe

2 (Wilde Wirts- bzw. Heckenpflanzen: z. B. Hartriegel, Johannisbeere, Vogelkirsche; sowie Kulturholunder)

Zur Bestimmung der Befallshäufigkeit mit Eiern wurden die Früchte mit glatter und unbehaarter Oberfläche (Kirschen und Weinbeeren) visuell und durch die äußerlich sichtbaren Atmungsfäden an den Eiern mittels Binokular auf Eiablagen der KEF untersucht. Zur Bestimmung der Befallshäufigkeit durch Larven wurde die Salzwassermethode verwendet. Dabei wurden die Früchte nach der Probenahme einzeln in Probenbecher gegeben und fest verschlossen. Die Früchte wurden im Anschluss für 48 Stunden inkubiert, wobei die Inkubation bei Zimmertemperatur oder im Klimaschrank unter Zuchtbedingungen (23 °C, 75 % relative Luftfeuchtigkeit) stattfand. Nach Ablauf der Inkubationszeit wurden die Früchte zerdrückt und es wurde Salzwasser (10 %) in die Becher gefüllt, sodass die Früchte vollständig bedeckt waren. Nach ca. einer Stunde sollten die Larven an der Wasseroberfläche schwimmen. Anschließend wurden die sichtbaren Larven von oben abgesammelt und zur vollständigen Erfassung aller Larven die Flüssigkeit (portionsweise) in eine Petrischale gegeben und (unter einem Binokular) auf die darin enthaltenen Larven untersucht (Abb. 7). Für die Him- und Brombeeren wurden nur die KEF-Larven nach oben beschriebener Methode bonitiert. Eine Eiablagebonitur war aufgrund der Oberflächenstruktur nicht genau und damit zuverlässig genug. Bis einschließlich 2019 wurde bei den Kirschen die Eiablage- und die Larvenbonitur durchgeführt, im Jahr 2020 wurde die Bonitur angepasst und nur noch die Eiablagemethode angewandt. Denn es zeigte sich in den Untersuchungsjahren zuvor, dass die Eiablagebonitur ausreichte und ein genaueres Bild der Belegung ergab.

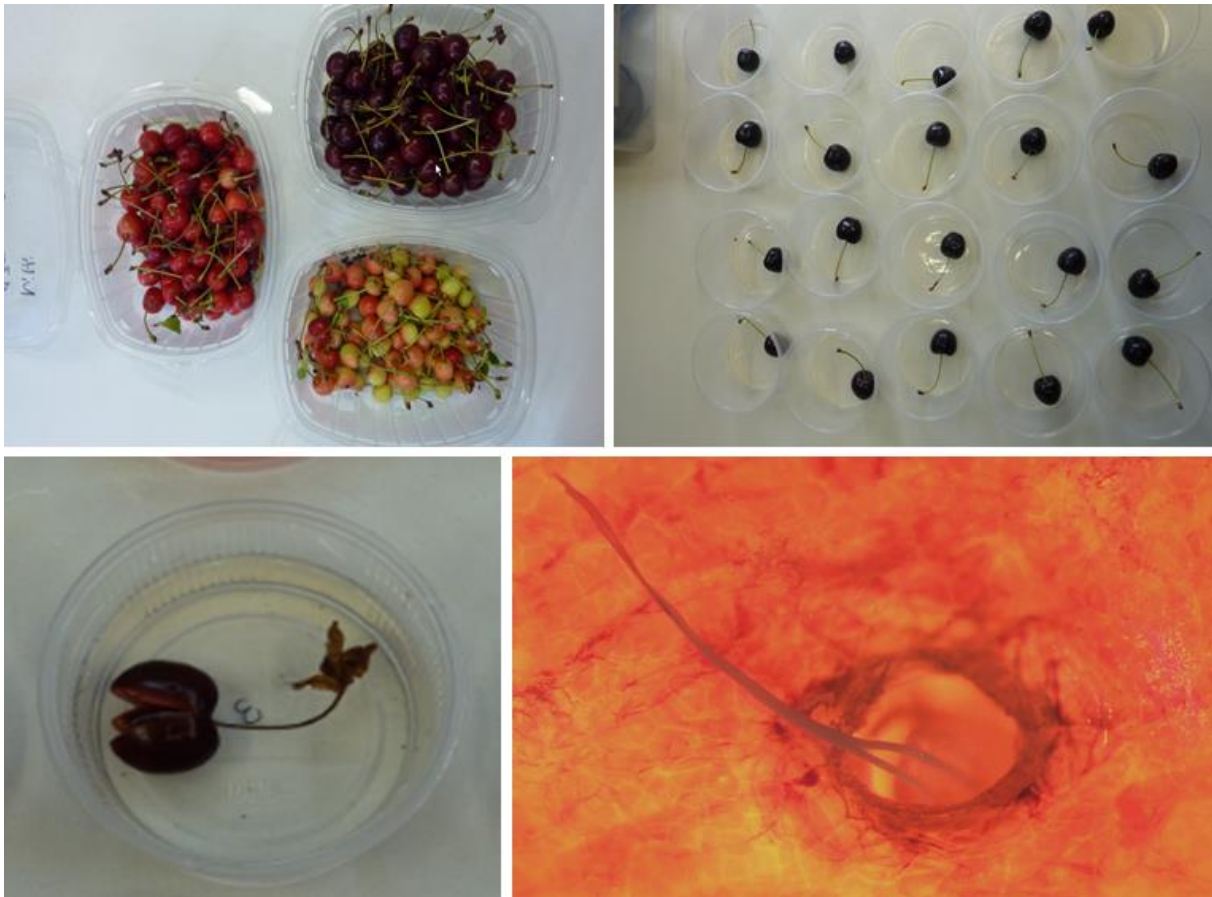


Abb. 7: Durchführung Befallsbonitur ‚Kirsche‘: drei bonitierte Reifegruppen ‚Sauerkirsche‘ (oben links), einzelne Früchte in Probebecher für Inkubation (oben rechts), geöffnete Frucht in Salzwasser (unten links), Nahaufnahme einer Eiablage in die Schale einer Süßkirsche (unten rechts)

Bei den Keltertrauben wurden pro Fruchtprobe 50 Einzelbeeren auf Eiablagen hin bonitiert. An unbefallenen Weinbeeren wurde zusätzlich das Mostgewicht mit einem digitalen Refraktometer gemessen (Abb. 8). Tab. 3 zeigt zusammenfassend für den gesamten Boniturzeitraum 2016-2020 die Fruchtproben von Weinbeeren der vier Sorten ‚Dornfelder‘, ‚Portugieser‘, ‚Dunkelfelder‘ und ‚Acolon‘.

Einmal pro Woche wurde des Weiteren das morphologische Entwicklungsstadium der untersuchten Kulturen mit Hilfe der BBCH-Skala bestimmt.



Abb. 8: Bonitur ‚Weinbeeren‘: von KEF befallene Früchte am Rebstock (oben links), Probe für Eiablagebonitur ‚Dornfelder‘ (oben rechts), zerstoßene Weinbeeren (unten links), Traubensaft ‚Portugieser‘ und ‚Dornfelder‘ für Mostgewichtsmessung (unten rechts)

Tab. 3: Übersicht über alle im Befallsmonitoring ‚Wein‘ untersuchten Fruchtproben à 50 Einzelbeeren der Jahre 2016 bis 2020

Sorte	2016	2017	2018	2019	2020	Gesamtzahl Bonituren (à 50 Weinbeeren) alle Jahre	Projekt-partner
Dornfelder	38	44	45	48	50	225	ZEPP, DLR NW
Portugieser	15	20	17	24	29	105	ZEPP, DLR NW
Dunkelfelder	9	9	6	8	8	40	DLR NW
Acolon	6	6	4	6	8	30	DLR NW

Datengrundlage Validierung Ontogenese-Modell

Ziel der Bonitur der Entwicklungsstadien der Wirtspflanzen war die Gewinnung von Daten zur Validierung des Ontogenese-Modells. Es wurden ausschließlich generative Entwicklungsstadien berücksichtigt. Die Bonitur erfolgte mindestens einmal wöchentlich (z. B. beim Fallenwechsel). Dabei wurden alle relevanten Maßnahmen an den Wirtspflanzen, wie z. B. Schnitt oder Entblättern der Traubenzone von Reben, das Erntedatum, sowie weitere Auffälligkeiten (z. B. Frostschäden oder Sonnenbrand) dokumentiert. Tab. 4 zeigt den kulturabhängigen Zeitraum der Bonituren.

Die Pflanzenentwicklung wurde auf Grundlage von verschiedenen erweiterten BBCH-Skalen erfasst (LORENZ et al., 1994; MEIER, 2001).

Ab dem Makrostadium 8 (Fruchtreife) wurde abweichend bei den Himbeeren und Brombeeren nach nachfolgendem Schema bonitiert:

Einheitliche Definition der BBCH-Stadien Himbeere:

- BBCH 81: erste leichte Rotverfärbung an den ersten Früchten
- BBCH 85: Rotverfärbung an den ersten Früchten vorangeschritten (hellrot)
- BBCH 89: erste dunkelrote erntereife Früchte (Abb. 9)



Abb. 9: BBCH-Stadien Himbeeren, von links nach rechts: BBCH 81, BBCH 85, BBCH 89

Bonitur von Brombeeren

Einheitliche Definition der BBCH-Stadien Brombeere:

- BBCH 81: Umfärben der Früchte von Grün-Gelb auf Rot
- BBCH 85: Umfärbung von Rot auf Schwarz
- BBCH 87: Umfärben der Früchte auf Schwarz (schon erntereif)
- BBCH 89: Früchte sind schwarz (vollreif) (Abb. 10)



Abb. 10: BBCH-Stadien Brombeeren, von links nach rechts: BBCH 81, BBCH 85, BBCH 87, BBCH 89

Tab. 4: Zeitraum, in dem Bonituren der Entwicklungsstadien von Wirtspflanzen der KEF durchgeführt wurden

	Obst	Reben
Boniturbeginn	Knospenschwellen (BBCH 51)	Sichtbarwerden der Gescheine (BBCH 53)
Boniturrende	Ernte (BBCH 87/89)	Trauben vollständig durchgefärbt (BBCH 85)

Die drei nachfolgenden Tabellen zeigen eine Übersicht über die Datenzusammensetzung der Ontogenese-Validierung sowie über die Standorte der BBCH-Bonituren der drei Verbundpartner für Süß- und Sauerkirschen (Tab. 5), für Beerenobst (Tab. 6) und für die Weinrebe (Tab. 7).

Tab. 5: Übersicht über die für die Validierung der Phänologie-Modelle „Süß- und Sauerkirsche“ genutzten Daten, Jahre 2017 bis 2020

Jahr	Kulturart	Standort	Sorte	Datenherkunft	Anzahl Bonituren
2017, 2019-2020	Süßkirsche	Karlsruhe	Giorgia	LTZ Augustenberg	37
2017, 2019-2020	Süßkirsche	Karlsruhe	Regina	LTZ Augustenberg	44
2019-2020	Süßkirsche	Karlsruhe	Samba	LTZ Augustenberg	28
2019-2020	Süßkirsche	Karlsruhe	Sylvia	LTZ Augustenberg	24
2017-2020	Süßkirsche	Heidesheim (Anlage)	k. A.	ZEPP	40
2017, 2020	Süßkirsche	Heidesheim (Hecke)	k. A.	ZEPP	24
2017-2020	Sauerkirsche	Nieder-Hilbersheim	Gerema	ZEPP	38
2018-2020	Sauerkirsche	Nieder-Hilbersheim	Schattenmorelle	ZEPP	28
2019-2020	Sauerkirsche	Neustadt	Schattenmorelle	DLR Rheinpfalz	26

Tab. 6: Übersicht über die für die Validierung des Phänologie-Modells „Beeren“ genutzten Daten, Jahre 2015 bis 2020

Jahr	Kulturart	Standort	Sorte	Datenherkunft	Anzahl Bonituren
2015	Brombeere	Werder/Havel	k. A.	LELF Brandenburg	8
2016	Brombeere	Werder/Havel	Loch Ness	LELF Brandenburg	20
2017-2019	Brombeere	Neustadt	Chester Thornless	DLR Rheinpfalz	22
2017-2020	Himbeere	Karlsruhe	Tulameen	LTZ Augustenberg	35
2017,2019-2020	Brombeere	Karlsruhe	Dirksen Thornless	LTZ Augustenberg	34
2017-2020	Brombeere	Karlsruhe	Loch Ness	LTZ Augustenberg	41
2019-2020	Himbeere	Karlsruhe	Meeker	LTZ Augustenberg	21
2019-2020	Himbeere	Karlsruhe	Polka	LTZ Augustenberg	21
2019-2020	Himbeere	Neustadt	Erika	DLR Rheinpfalz	17
2018	Himbeere	Neustadt	k. A.	DLR Rheinpfalz	6

Tab. 7: Übersicht über die für die Validierung des Phänologie-Modells „Wein“ genutzten Daten, Jahre 2018 bis 2020

Jahr	Kulturart	Standort	Sorte	Datenherkunft	Anzahl Bonituren
2018-2020	Rotwein	Bad Kreuznach	Portugieser	ZEPP	44
2018-2019	Rotwein	Bad Sobernheim	Dornfelder	ZEPP	22
2018	Rotwein	DÜW2	Dornfelder	DLR Rheinpfalz	11
2018-2020	Rotwein	KH-Planig	Dornfelder	ZEPP	44
2018-2020	Rotwein	KH-Planig	Portugieser	ZEPP	45
2019-2020	Rotwein	Langenlonsheim	Dornfelder	ZEPP	42
2018-2020	Rotwein	Leistadt 2	Dornfelder	DLR Rheinpfalz	41
2018-2020	Rotwein	Mandel	Dornfelder	ZEPP	44
2018-2020	Rotwein	Ruppertsberg 2	Dornfelder	DLR Rheinpfalz	39
2018-2020	Rotwein	Ruppertsberg 3	Portugieser	DLR Rheinpfalz	39
2019-2020	Rotwein	St. Martin 2	Portugieser	DLR Rheinpfalz	40
2018-2020	Rotwein	St. Martin 3	Dornfelder	DLR Rheinpfalz	40

2.3 Laborversuche mit *D. suzukii*

2.3.1 Aufbau und Betrieb einer Laborzucht

Bei der ZEPP und am LTZ Augustenberg wurde zu Projektbeginn eine Laborzucht aus regional im Freiland gefangenen Tieren etabliert. Am DLR Rheinpfalz stand bereits für andere Fragestellungen, unabhängig vom Projekt, schon vor Projektbeginn eine Laborzucht zur Verfügung, die im Rahmen dieses Projektes erweitert und genutzt werden konnte. Der Aufbau einer eigenen Zucht aus regional gefangenen Tieren war entscheidend, um eventuelle

Unterschiede zwischen den Populationen, die gegebenenfalls aus unterschiedlichen Einfuhrereignissen stammten, hinsichtlich der Populationsdynamik zu überprüfen. Die Zuchttiere bildeten die Grundlage für die durchgeführten Laborversuche. Es wurde sowohl eine Zucht mit sommermorphen Tieren, als auch mit wintermorphen Tieren aufgebaut.

Die Tiere der Sommerzucht wurden im Klimaschrank bei 23 °C und 75 % rel. Luftfeuchte sowie einer Tagesperiodik von 16:8 (L:D; Lichtstärke: 1000-1500 lux) gehalten. Das Nährmedium zur Eiablage (150 ml Traubensaft der RAPP KG, 100 ml Leitungswasser, 16 g Maismehl, 14 g Zucker, 2,5 g Agar, 3 g Trockenhefe/Bierhefe, 0,5 g Nipagin in Ethanol) wurde 3x wöchentlich erneuert, die Oberfläche des Mediums aufgeraut und mit einem umgestülpten Blumentopf aus schwarzem Kunststoff bedeckt. Den Tieren wurde zusätzlich Flüssigkeit in Form von 5 %igem Zuckerwasser (Probebecher mit Wattestopfen im Deckel) bereitgestellt. Entnommene Nährmediumschalen mit Eiern wurden mit Deckel und Schaumstoffstopfen verschlossen und bei Zuchtbedingungen (23 °C und 75 % rel. Luftfeuchte) gelagert. Geschlüpfte Fliegen verblieben mindestens eine Woche in den Schalen und wurden im Anschluss in die Zuchtkäfige überführt.

In den Wintermonaten wurde eine zusätzliche Zucht mit wintermorphen Fliegen aufgebaut. Hierfür wurde die Hälfte der Nährmediumschalen aus der Sommerzucht bei 10 °C, 80 % rel. Luftfeuchtigkeit und einer Tagesperiodik von 8:16 (L:D) überführt. Durch die veränderten Bedingungen entwickelten sich die dunkleren und etwas größeren wintermorphen Fliegen aus den abgelegten Eiern. Die Tiere verblieben bis zu den Versuchen in den Schalen.

2.3.2 Untersuchungen zum Entwicklungszyklus

Die Literaturdaten zur temperatur- und luftfeuchteabhängigen Entwicklung der KEF variierten teilweise stark, sodass die Repräsentativität sowie Anwendbarkeit auf die innerhalb dieses Projektes untersuchten Populationen schwer abzuschätzen und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht gegeben war. Somit war es zur Erstellung eines präzisen Populationsmodells wichtig, eine eigene Versuchsreihe unter vergleichbaren Labor- und Zuchtbedingungen durchzuführen. Durch die Erhebung aller benötigter Entwicklungsparameter unter vergleichbaren Laborbedingungen und gleicher Methoden sowie mit einer lokalen Fliegenpopulation konnte eine ausreichende Datengrundlage für die Modellierung erarbeitet werden.

Die Versuchsreihen zum Entwicklungszyklus vom Ei bis zur adulten Fliege bezüglich Temperatur- und Luftfeuchteabhängigkeit wurden am DLR Rheinpfalz durchgeführt. Innerhalb der Temperaturversuche wurden die Parameter Eiablage, Überlebensrate während der Entwicklung und Entwicklungsdauer im Klimaschrank untersucht. Verwendet wurden dabei

adulte, sommermorphie Fliegen, 10 ♂ und 10 ♀, die in Gewebekäfigen in fünf bis 14 Wiederholungen aufgeteilt wurden. Nach 48 Stunden Akklimatisation bei der jeweiligen Versuchstemperatur, fanden die Versuche bei folgenden Temperaturen statt: 15, 18, 20, 24, 26, 29, 30, 34 °C (+/-1,2 °C). Die Luftfeuchte blieb konstant und betrug im Mittel über alle Varianten 68 % (+/-6 %). Während der Versuchsdauer von 48 Stunden legten die Fliegen Eier in Petrischalen mit Medium (120 ml Traubensaft von RAPP's, 375 ml VE-Wasser, 16 g Maismehl, 12 g Zucker, 8,75 g Agar, 0,75 g Nipagin in 4,25 ml Ethanol) ab, welche im Anschluss ausgezählt wurden. Zur weiteren Untersuchung der Überlebensrate, während der Entwicklung und der Entwicklungsdauer, wurden 25 Eier pro Wiederholung auf Nährmedium transferiert. Täglich wurde die Anzahl geschlüpfter adulter Tiere bonitiert.

Die Versuche zur Luftfeuchte fanden unter vergleichbaren Bedingungen und Versuchsaufbau statt. Die Eiablage wurde in Abhängigkeit von Luftfeuchten zwischen 39 und 79 % (+/-10 %) bei 18, 23 und 28 °C in insgesamt 13 verschiedenen Kombinationen untersucht, um zu testen, ob eine Kombinationswirkung der beiden Wetterparameter vorliegt. In weiteren Versuchen wurde die Eiablage in Abhängigkeit von der Luftfeuchte in den Kombinationen 40, 60 und 80 % bei 15, 18, 23, 28 und 32 °C getestet. Innerhalb dieser Versuchsreihe wurde nur die Eiablage überprüft, da aus der Literatur bekannt war, dass die weitere Entwicklung der KEF, welche innerhalb der Wirtsfrucht stattfindet, unabhängig von der relativen Luftfeuchte außerhalb der Frucht ist.

2.3.3 Untersuchungen zur Mortalität von Ei, Larve, Puppe und Adult

Bei der ZEPP und am LTZ wurden in den Laborversuchen schwerpunktmäßig Fragestellungen zur Überwinterung und Übersommerung des Schädling bearbeitet. Ziel war die Ermittlung von Temperaturgrenzwerten, die zu einer erhöhten Mortalitätsrate der Tiere und damit der Population im Sommer führen. Deshalb wurden die Fruchttemperaturen bei hohen Umgebungstemperaturen im Sommer nachgestellt und die Mortalitätsrate bzw. die Entwicklungsdauer bei diesen Temperaturen untersucht.

Im Sommer 2017 wurden die Versuche zur erhöhten Mortalitätsrate aufgrund von Hitze begonnen. Die Versuche fanden jeweils mit Eiern, Larven und Puppen statt. Je zehn Individuen wurden zunächst auf Medium (siehe 2.3.2) in Plastischalen mit Verschlussstopfen transferiert und so der Behandlung im Klima- bzw. Trockenschrank ausgesetzt. Mittels eines Dataloggers mit externem Fühler wurde die Temperatur im Medium erfasst. In den Versuchen wurden die Fliegenstadien konstanten Temperaturen zwischen 29 und 41 °C für 1 bis 8 Stunden ausgesetzt. Jede Variante wurde von einer Kontrolle bei 23 °C und 75 % relativer Luftfeuchte begleitet. Die Bonitur der Mortalitätsrate fand bei Larven und Puppen mittels

Bonitur des Adultenschlupfes nach 7 Tagen und bei Eiern anhand des Zählens leerer Eihüllen nach 4 Tagen statt. Beim Auswerten der Varianten mittels Adultenschlupf wurde zusätzlich das Geschlecht bestimmt.

Nach Durchführung der Versuche wurden mithilfe der Datalogger-Daten die Temperaturmittelwerte bestimmt. Die Boniturdaten zur Mortalitätsrate wurden zunächst an der jeweiligen Kontrolle relativiert. Im Anschluss folgte die Modellierung der Daten.

Im Winter 2017/2018 fanden Kälteversuche zur Ermittlung einer genaueren Mortalitätsrate im Winter mit sommer- und wintermorphen Fliegen statt. Je 5 ♂ und 5 ♀ Fliegen der Sommer- und Winterform wurden in ein 50 ml Falcon®-Röhrchen mit 5 ml Medium (Futter & für Eiablage) gesetzt. Nach 7 Tagen Akklimatisierungsphase bei 10 °C wurden die Kältebehandlungen bei Temperaturen von -12 bis 0 °C für 2 bis 120 Stunden durchgeführt. Insgesamt wurden 23 Varianten mit verschiedenen Temperatur-Dauer-Kombinationen durchgeführt. Nach 24 Stunden Auftau- bzw. Akklimatisierungsphase wurde die Anzahl toter Fliegen bestimmt. Jede Variante wurde von einer Kontrolle bei 10 °C und 80 % relativer Luftfeuchte (Akklimatisierungsbedingungen) begleitet. Im Winter 2018/2019 fanden weitere Kälteversuche zur Ermittlung einer genaueren Mortalitätsrate im Winter von sommer- und wintermorphen Fliegen statt. Insgesamt wurden Versuche in 43 Kombinationen zwischen -12 und 0 °C für 2 bis 168 h durchgeführt.

Nach Durchführung der Versuche wurden mithilfe der Datalogger-Daten die Temperaturmittelwerte bestimmt. Aus den Temperaturmittelwerten und der Dauer wurde die jeweilige Temperatursumme (Gradstunden) bestimmt. Die Boniturdaten zur Mortalitätsrate wurden zunächst an der jeweiligen Kontrolle relativiert. Im Anschluss folgte die Modellierung dieser Daten.

Im Winter 2019/2020 wurden weitere Mortalitätsversuche nach oben beschriebenem Versuchsaufbau mit sommer- und wintermorphen Fliegen bei verschiedenen Wechseltemperaturen um den Nullpunkt durchgeführt (Tab. 8).

Tab. 8: Übersicht Versuchsvarianten der Mortalitätsversuche mit Wechseltemperaturen (SM = Sommermorphe, WM = Wintermorphe)

Temperaturen (°C)	Dauer gesamt (h)	Dauer je Einheit (h)	Morphe
4, -4	48	12	SM, WM
6, -6	48	12	SM, WM
4, -4	96	12	SM, WM
8, -2	168	12	SM, WM

2.3.4 Attraktivitätsfaktor der Wirtspflanzen

Mithilfe dieser Daten sollte die Anfälligkeit verschiedener Wirte und die Reproduktivität von *D. suzukii* in verschiedenen Wirten gewichtet werden. In 2016 wurden am DLR Rheinpfalz Versuche zur Bestimmung eines Attraktivitätsfaktors mit unterschiedlichen Wirtsfrüchten (Erdbeere, Brombeere, Kirsche, Weinbeere) durchgeführt. In den Versuchen wurde die Anzahl abgelegter Eier, geschlüpfter Fliegen und die Dauer der Entwicklung bei 23 °C und 65 % rel. Luftfeuchte bestimmt. Es wurden jeweils fünf Wiederholungen pro Versuch und zwei Versuchswiederholungen zu jeder Frucht durchgeführt.

Die Versuche zur Bestimmung eines Attraktivitätsfaktors wurden in 2017 wiederholt bzw. um weitere Kulturen erweitert. Die Wirtsfrüchte Erdbeere, Himbeere, Süß- und Sauerkirsche, Brombeere sowie Weinbeere wurden in unterschiedlichen Versuchen getestet. Je nach Wirtsfrucht hatten die adulten Fliegen zwischen 4 und 48 h Kontakt zu fünf Früchten einer Art pro Wiederholung. Bei einigen Früchten wurde die Fruchtoberfläche begrenzt und damit die Möglichkeit zur Eiablage eingeschränkt. In den Versuchen wurde die Anzahl abgelegter Eier, geschlüpfter Fliegen und die Dauer der Entwicklung bei 23 °C und 72 % rel. Luftfeuchte bestimmt. Es wurden jeweils fünf bis acht Wiederholungen pro Versuch und bei Süß-, Sauerkirsche und Brombeere zwei Versuchswiederholungen durchgeführt. Zusätzlich zu den No-Choice-Versuchen wurden ebenfalls am DLR Wahlversuche mit zeitgleich reifenden Wirtsfrüchten durchgeführt.

2.4 Freilandversuche

2.4.1 Fruchttemperaturmessungen

Der Witterungsverlauf des Frühjahres 2018 zeigte im Vergleich zu den ersten beiden Projektjahren ein deutlich unterschiedliches Bild. Sehr hohe Temperaturen zu Beginn der Kirschsaison führten zu keiner (Weiter-)Entwicklung der Kirschessigfliegenpopulation. Trotz erster Eiablagen zu Beginn der Kirschreife wurde teilweise kein weiterer Befall beobachtet. Die erhöhte Mortalitätsrate der Tiere aufgrund von Hitze wurde daher nochmal besonders intensiv in den Fokus gerückt. In Freilandversuchen wurden Messungen der Fruchttinnentemperatur durchgeführt, um zu ermitteln, ob sich die Fruchttinnentemperatur an heißen Tagen signifikant von der Lufttemperatur (Wetterstation) unterscheidet. Damit sollen erweiterte Aussagen des EHS nach Beginn der ersten Eiablage ermöglicht werden, d. h. ob eine Weiterentwicklung in den Früchten stattfinden kann. Um den Einfluss der Temperatur, insbesondere auf die präadulten Entwicklungsstadien der Kirschessigfliege in den Wirtsfrüchten, bestimmen zu können, wurden im Jahr 2018 erstmals umfangreiche Messungen der Temperatur im Fruchtfleisch von Süß- und Sauerkirschen sowie Weinbeeren

durchgeführt. Für die Untersuchungen wurde ein „Präzisions-Sekunden-Thermometer“ verwendet (Greisinger, Modell GMH 3251, Abb. 11, links), an das gleichzeitig zwei Drahtfühler angeschlossen wurden. Diese wiesen eine Länge von 2 Metern nach Sonderanfertigung auf. Je ein Messfühler wurde in eine sonnenexponierte Frucht („Sonnenfrucht“) und in eine beschattete Frucht („Schattenfrucht“) eingestochen (Abb. 12). Die beiden Drahtfühler wurden in der Sonnenfrucht nach Süden und in der Schattenfrucht nach Norden ausgerichtet. Nach Möglichkeit wurden die Messungen an weitestgehend sonnigen, wolkenlosen Tagen über einen Zeitraum von 24 Stunden durchgeführt, wobei das Messintervall 15 Minuten betrug. Zusätzlich wurde die Lufttemperatur im Schatten mit einem Datenlogger („Tinytag“) gemessen (Abb. 11, rechts). In den Jahren 2019 und 2020 wurden die Messungen weiter fortgeführt und um die Kulturen Him- und Brombeeren erweitert.



Abb. 11: Präzisions-Sekunden-Thermometer zur Messung der Temperatur im Fruchtfleisch von Kirschen und (Wein-)Beeren (links), Tinytag-Logger (rechts); Beispiel Süßkirschanlage, Heidesheim am Rhein, 2019



Abb. 12: Aufbau der Fruchttemperaturmessungen (Sonnenfrüchte) in Süßkirschen (links und rechts oben, 2018), in noch roten Brombeeren (unten links, 2020) und in Weinbeeren (unten rechts, 2018)

Die Vorgehensweise war in allen drei Untersuchungsjahren gleich. Tab. 9 gibt eine Übersicht über die Anzahl aller durchgeführter Messreihen und der Zahl absoluter Messpunkte je nach bonitiertem BBCH-Stadium pro Kultur. In den Jahren 2018 bis 2020 wurden insgesamt 93 Messreihen durchgeführt, wodurch über alle Kulturen und BBCH-Stadien hinweg 2.950 Messpunkte für die Analyse zur Verfügung standen.

Trotz unterschiedlicher Anzahl von Messreihen pro Kultur liegt für alle Kulturen eine ausreichende Datengrundlage für die Einbeziehung in das Modell vor.

Tab. 9: Anzahl und Gesamtsumme der in 2018 bis 2020 durchgeführten Messungen der Innentemperatur verschiedener Kulturen und BBCH-Stadien

Kultur	Messreihen insg.	Messpunkte insg. (Σ alle BBCH)	Messpunkte BBCH 81	Messpunkte BBCH 83	Messpunkte BBCH 85	Messpunkte BBCH 87	Messpunkte BBCH 89
Süßkirsche	22	606	256	x	161	125	65
Sauerkirsche	26	906	210	x	124	179	393
Himbeere	12	358	134	x	129	x	95
Brombeere	9	302	95	x	48	68	91
Weinbeere	24	776	215	111	380	x	70
Summe	93	2950	910	111	842	372	714

Abb. 13 zeigt beispielhaft den 24-stündigen Verlauf einer Fruchttemperaturmessung an Weinbeeren der Sorte ‚Dornfelder‘ am Standort Ruppertsberg, Rheinland-Pfalz, am 09. und 10. August 2020. Dargestellt ist der Temperaturverlauf der Innentemperatur von Sonnen-, und Schattenfrüchten, der Lufttemperatur, die mit dem Tinytag am Standort gemessen wurde und der Lufttemperatur der nächstgelegenen Wetterstation. Des Weiteren ist der Tagesverlauf der Globalstrahlung [W/m²] abgebildet.

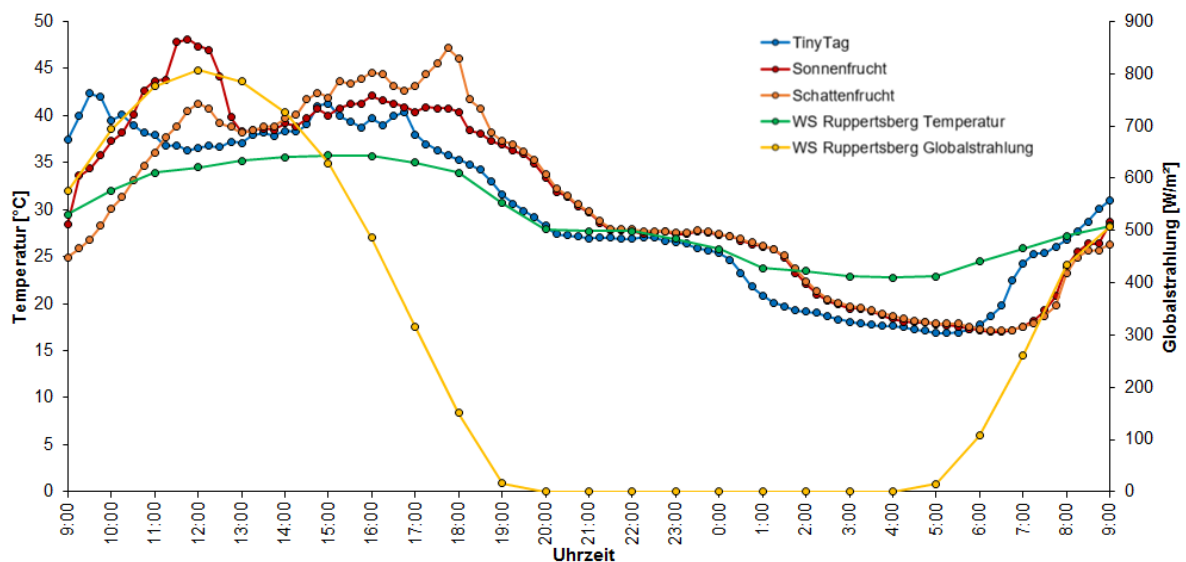


Abb. 13: Beispielhafter Verlauf einer Temperaturmessung über 24 Stunden in sonnen- und schattenexponierten Weinbeeren der Sorte ‚Dornfelder‘ am Standort Ruppertsberg, sowie Vergleich zur Lufttemperatur [°C] der nächstgelegenen Wetterstation (WS) und mittels Datenlogger („Tinytag“) am Standort und Vergleich zur Globalstrahlung [W/m²] (gemessen an Wetterstation), 09./10.08.2020

2.4.2 Beobachtungen zur tagesperiodischen Aktivität von *D. suzukii*

Hintergrund

Die abiotischen Umweltfaktoren Temperatur und relative Luftfeuchte sind die beiden wichtigsten Einflussgrößen, die die Aktivität, Eiablage, Entwicklung, Abundanz, Ausbreitung sowie das Überleben der Kirschessigfliege beeinflussen (WIMAN et al., 2014; MAZZETTO et al., 2015). Studien haben gezeigt, dass auch kurze Zeiträume mit Extrem-, aber auch Optimaltemperaturen (13 °C bis 30 °C) (WINKLER et al., 2021) einen signifikanten Einfluss auf die oben genannten (physiologischen) Prozesse haben können (KAÇAR et al., 2016; WIMAN et al., 2014). Vor diesem Hintergrund wurde in einem von 2017 bis 2019 durchgeführten Halbfreilandversuch untersucht, in welchem Maße die Aktivität, die Eiablage sowie die Mortalitätsrate (auch tageszeitabhängig) von *D. suzukii* von verschiedenen Witterungsparametern bzw. klimatologischen Kennzahlen beeinflusst werden.

Zielsetzung

Ermittlung von Zusammenhängen von Aktivität, Eiablage und Mortalität mit Klimaparametern sowie klimatologischen Kennzahlen.

Aufbau

Der Halbfreilandversuch wurde ab Juni 2017 bis Ende 2019 auf dem Gelände des DLR in Bad Kreuznach ganzjährig betreut. Der Kern des Versuchsaufbaus waren drei identische Konstruktionen bestehend aus jeweils einem Netzkäfig, umgeben von einem Wetterschutz, einem Solarpaneel zur Stromerzeugung und einem Akkumulator (Abb. 14).



Abb. 14: Aufbau des Kameraversuchs zur Aktivitätsmessung im Halbfreilandversuch (links die drei identischen Versuchsaufbauten; rechts Netzkäfig in Wetterschutzeinfassung)

Alle 7 bis 10 Tage gab es drei neue identische Versuchsaufbauten. In jedem Netzkäfig wurden jeweils 20 männliche und 20 weibliche *D. suzukii* Individuen gesetzt. Die Tiere stammten aus einer Laborpopulation und waren zwischen einer bis drei Wochen alt. Der Abb. 15 ist der Innenaufbau eines Netzkäfigs zu entnehmen. Den Tieren wurde eine Platte mit Nährmedium für die Eiablage sowie ein Becher mit 30 ml 5%iger Zuckerlösung zur Verfügung gestellt. Das Nährmedium setzte sich aus den gleichen Komponenten zusammen, wie das für die Laborversuche verwendete (siehe Kapitel 2.3.1). Alle 2 bis 3 Tage wurde das Medium durch eine neue Platte ersetzt und das Zuckerwasser bei Bedarf aufgefüllt. Um die Aktivität der Tiere überwachen zu können, war in jedem Netzkäfig eine Kamera der Firma Trapview (EFOS) angebracht, die alle 30 Minuten eine Aufnahme der Käfigdecke durchführte (Abb. 15 rechts). Diese spezielle Kamera konnte 4 Fotos von aneinander angrenzenden Bereichen gleichzeitig aufnehmen. Diese Teilfotos wurden durch einen Service der Firma Trapview zu einem Bild zusammengesetzt. Die Übermittlung der Fotos an Trapview erfolgte über mobile Daten in einen Cloud Speicher. Ein von der ZEPP in Eigenleistung entwickeltes Programm erkannte die Fliegen auf den Fotos und berechnet auf Basis der Differenzen der Fotos deren Aktivität.

Um die Eiablagerrate zu bestimmen, wurden im Labor die abgelegten Eier im Nährmedium bonitiert. Nach Ablauf eines Versuchsdurchgangs erfolgte die Bestimmung der Anzahl überlebender Tiere und es wurden drei neue Versuchsansätze gestartet.

Zusätzlich wurden in der näheren Umgebung drei Essigfallen aufgehängt (100 ml Fangflüssigkeit 1:1 Apfelessig: Wasser) die ebenfalls alle 2 bis 3 Tage ausgewertet wurden. Zur Temperaturüberwachung waren außerdem zwei Tinytags im Einsatz (Tiny Tag, Gemini Data Loggers (UK) Ltd), die in einem Messintervall von 15 Minuten die Lufttemperatur [°C] und die rel. Luftfeuchte [%] dokumentierten. Ein Tinytag befand sich in einem der Netzkäfige, der zweite wurde an einem Baum (1,5 m Höhe) in unmittelbarer Nähe aufgehängt.



Abb. 15: Versuchsaufbau im Käfiginneren (links) und Trapview-Kamera (rechts)

Statistische Auswertung

Um signifikante statistische Zusammenhänge der Aktivitäts-, Eiablage- und Mortalitätsrate (biologische Merkmale) und den Wetterparametern zu analysieren wurde folgendes Schema entwickelt: Für jedes der drei biologischen Merkmale (abhängige Variable) soll getrennt eine binäre logistische Regression durchgeführt werden. Jede abhängige Variable wird in zwei Unterklassen geteilt (Median-Kriterium), z. B. für die Mortalitätsrate die Klasse 0 für eine niedrige Mortalität und die Klasse 1 für eine hohe Mortalität. Als unabhängige (erklärende) Variablen dienen diverse abiotische Umweltfaktoren, die den Abb. 16 & Tab. 10 zu entnehmen sind. Das Schema der statistischen Auswertung zeigt die Abb. 16 im Detail.

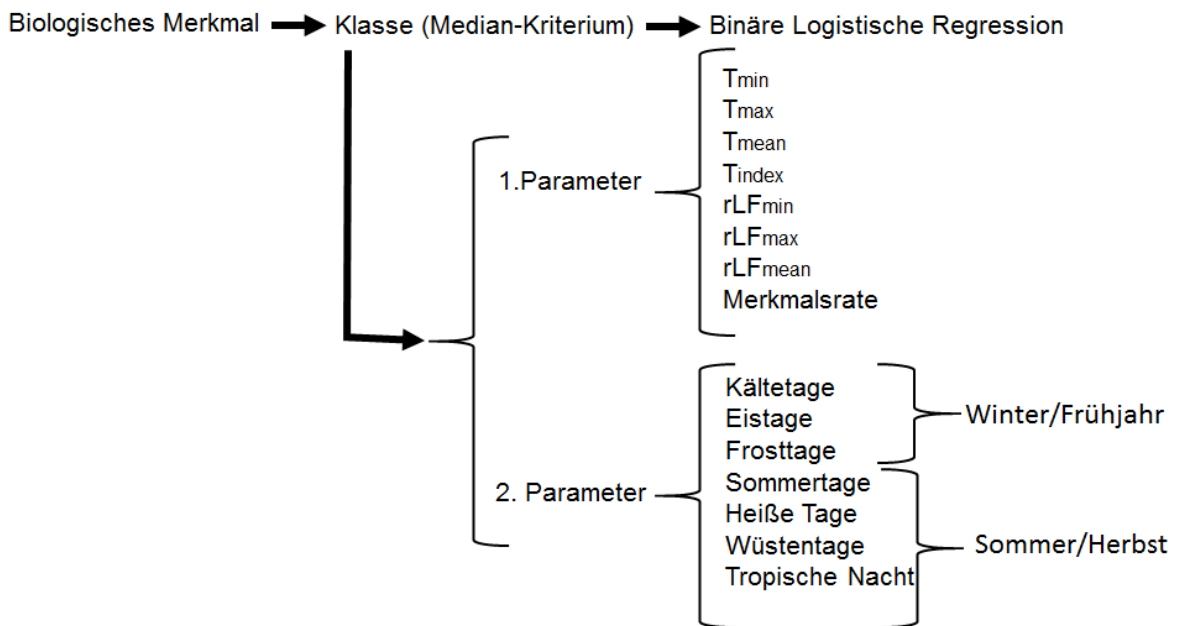


Abb. 16: Schematische Darstellung der statistischen Analyse mittels binärer logistischer Regression und einfließende Parameter

Tab. 10: Definitionen der Klimaparameter; T = Temperatur [°C], rLF = relative Luftfeuchte [%]

Parameter	Klimakenngröße/Definition
Temperatur	$T_{\min}, T_{\max}, T_{\text{mean}}$
Luftfeuchte	$rLF_{\min}, rLF_{\max}, rLF_{\text{mean}}$
Heiße Tage	$T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$
Sommertage	$T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$
Wüstentage	$T_{\max} \geq 35 \text{ °C}$
Tropische Nacht	$T_{\min} \geq 20 \text{ °C}$
Kalte Tage	$T_{\max} < 8 \text{ °C}$
Merkmalsrate	Anzahl gelegter Eier pro ♀ pro Tag/Anzahl toter Fliegen pro Tag/Aktivitätsrate pro Tag

2.5 Erstellung des Entscheidungshilfesystems SIMKEF

2.5.1 Konzept des Entscheidungshilfesystems SIMKEF

Zu Projektbeginn wurde das in Abb. 17 dargestellte Konzept für das EHS SIMKEF erarbeitet. Es basiert auf der Verknüpfung verschiedener Module, die die komplexen Wechselwirkungen zwischen der Entwicklung und dem Verhalten von *D. suzukii* (Modul Populationsdynamik) und den Entwicklungsstadien der Wirtspflanzen (Modul Phänologie der Wirtspflanzen) sowie den Einfluss der wichtigsten habitatspezifischen Faktoren (Modul Habitatstruktur) auf den gesamten Entwicklungszyklus der Kirschessigfliege abbilden. Beeinflusst durch die meteorologischen Inputparameter werden die jeweiligen Auswirkungen auf das Verhalten und die Biologie von *D. suzukii* statistisch erfasst und die Ergebnisse über eine Online-Anwendung zur Verfügung gestellt. Monitoringmaßnahmen dienen der Validierung und Weiterentwicklung des EHS.

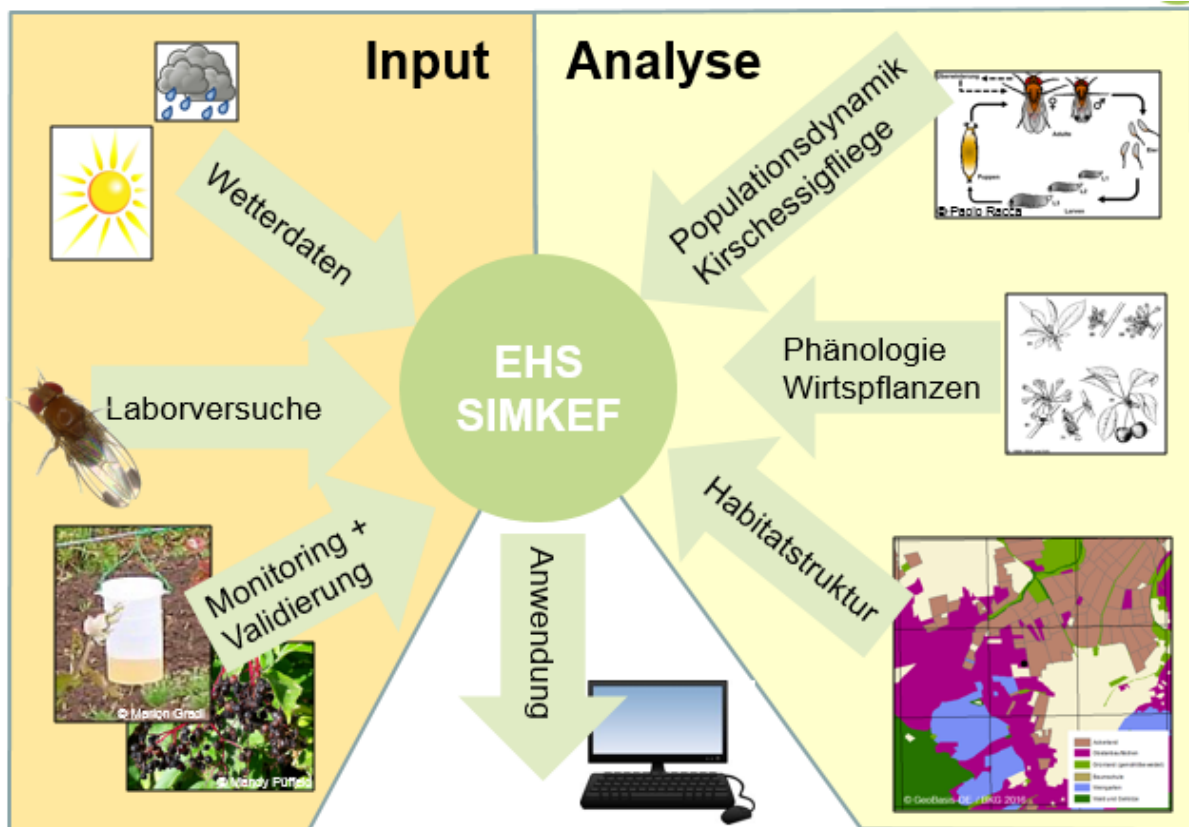


Abb. 17: Konzept des EHS SIMKEF

Für das Modellkonzept wurde ebenfalls zu Projektbeginn, basierend auf Literaturdaten, ein Strukturdiagramm erstellt, welches als Arbeitsgrundlage diente (Abb. 18). Die Modellierung fand mit den Programmen Sigma Plot 13.3 und Microsoft Office Excel 2013 und des Add-Ins XLSTAT statt.

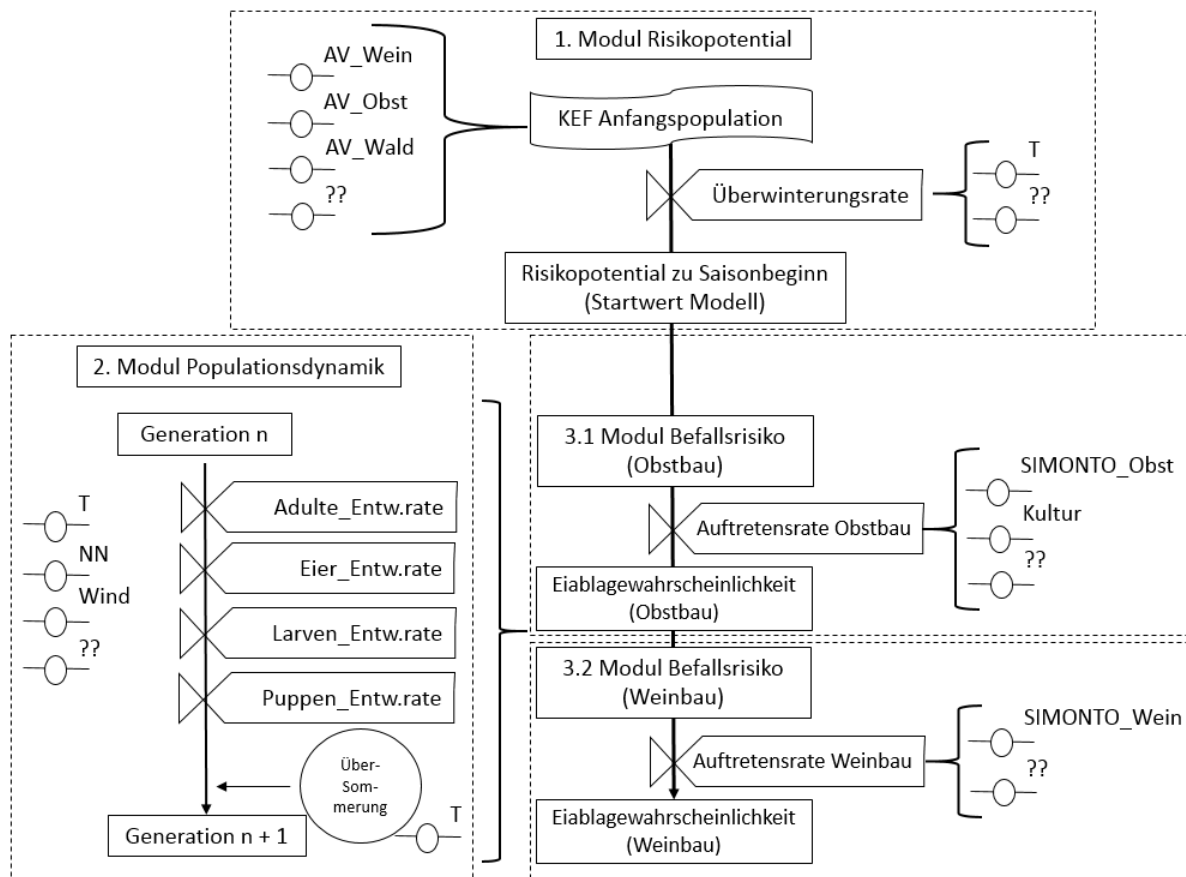


Abb. 18: Strukturdiagramm EHS SIMKEF

Im ersten Modul (Abb. 18) des EHS sollte die Berechnung des Risikopotentials für einen Befall durch die Kirschessigfliege zu Saisonbeginn auf Basis von Habitatfaktoren (Verhältnis der angebaute Kulturen bzw. anderer Landschaftsstrukturen wie Obst, Wein, Wald, etc. zueinander) und den temperaturabhängigen Überwinterungsbedingungen der jeweiligen Saison erfolgen. Ziel dieses Moduls war es, ein generelles Risikopotenzial zu Beginn der ersten Fruchtreife von Kultur-Wirtsfrüchten in der Saison zu ermitteln.

Den Modulen zur Berechnung der Populationsdynamik (Modul 2) und den Auftretensraten von *D. suzukii* (Modul 3) lag folgende Funktion zugrunde:

relative Populationsgröße

$$= f(\text{Insektenentwicklung}, \text{Verfügbarkeit Wirt}, \text{Attraktivität Wirt})$$

Die Entwicklungsrate (Ei bis Adult), die Eiablagewahrscheinlichkeit und die Mortalität wurden in Abhängigkeit von der Temperatur berechnet. Die Berechnung der Raten erfolgte stündlich und wurde als Tageswert über 24 Stunden aufsummiert.

Die Wirtsverfügbarkeit wurde mittels Ontogenesemodellen für die unterschiedlichen Wirtspflanzen berechnet (Modul 3).

Durch einen Faktor wurde im dritten Teil der Funktion zur Berechnung der relativen Populationsgröße die Anfälligkeit der verschiedenen Wirte für *D. suzukii* unterschiedlich gewichtet.

Im Modul 3 konnte die witterungsbasiert berechnete relative Populationsgröße vom EHS für unterschiedliche Wirtsfrüchte berechnet werden.

Aus dem Output von Modul 3 ergab sich damit:

- eine Orientierungsgrundlage für die Beratung
- eine Aussage zum Erstauftreten von *D. suzukii* und damit die Möglichkeit der Steuerung von Überwachungsmaßnahmen sowie
- eine Aussage zum Befallsrisiko und damit die bessere Einschätzung der Bekämpfungsnotwendigkeit und die Möglichkeit einer gezielteren Steuerung des Erntezeitpunktes.

2.5.2 Modellierung, Parametrisierung und Validierung des Moduls „Risikopotential“

Die im Rahmen des Verbundprojektes erhobenen Datensätze zur Überwinterung (siehe 2.2) und die durch die Datenabfrage gewonnenen Monitoringdatensätze (siehe 2.1.2) wurden im Hinblick auf den Überwinterungserfolg unter Berücksichtigung der Habitatstruktur und der Witterungsdaten ausgewertet. Hierfür fand mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS) (ArcMap 10.2.2; Esri Deutschland GmbH, Kranzberg) eine räumliche Verschneidung der ATKIS-Daten (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER VERMESSUNGSVERWALTUNGEN DER LÄNDER DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND, 2015), der Witterungsdaten und der Monitoringstandorte statt. Die in Tab. 11 aufgeführten Datensätze konnten in die Auswertung einbezogen werden.

Tab. 11: Anzahl der in die geostatistische Auswertung eingeflossenen ganzjährigen Monitoringdaten pro Jahr und Institution

Institut	DLR Neustadt/ Weinstraße	LTZ Augusten- berg	LELF Branden- burg	LRA Karls- ruhe	LRA Ludwigs- burg	LRA Ortenau- kreis	ZEPP Bad Kreuznach	Hoch- schule Geisen- heim	LfLUG Sachsen
2013/2014	-	6	-	2	4	-	-	-	-
2014/2015	-	10	-	5	5	5	-	-	-
2015/2016	9	11	4	5	5	5	-	4	4
2016/2017	27	19	4	5	5	4	5	4	4
2017/2018	31	24	-	5	-	4	9	4	8
2018/2019	14	22	4	-	-	4	9	4	7
2019/2020	18	27	-	-	-	3	9	-	6

Anhand der erhobenen Flugaktivität der adulten Kirschessigfliegen mittels Essigfallen wurde ein Bewertungsschema zum Risikopotential, bezogen auf die umliegende Habitatstruktur und die Witterung erstellt. Im Raster von 1 km² stehen bei der ZEPP deutschlandweit interpolierte Wetterdaten zur Temperatur und relativen Luftfeuchte zur Verfügung (ZEUNER, 2007). Niederschlagsdaten liegen ebenfalls in dieser Auflösung vor und stammen aus den Radarmessungen des Deutschen Wetterdienstes (BARTELS et al., 2014). Dieses 1 km² grobe Rasternetz, diente als Grundlage für die räumlichen Auswertungen bzw. die geplante flächendeckende Risikoberechnung. Daher wurde der Anteil an Wald, Gehölzen und Obst- sowie Weinanbauflächen in der Rasterzelle des Monitoringpunktes sowie in den jeweils angrenzenden berechnet. Die Struktur in diesen 9 Rasterzellen wurde dann jeweils mittels GIS ermittelt und zur anschließenden statistischen Auswertung genutzt (Abb. 19). Ebenfalls wurden die Wetterdaten der Rasterzelle des Monitoringstandortes extrahiert und für die weitere statistische Auswertung bereitgestellt.

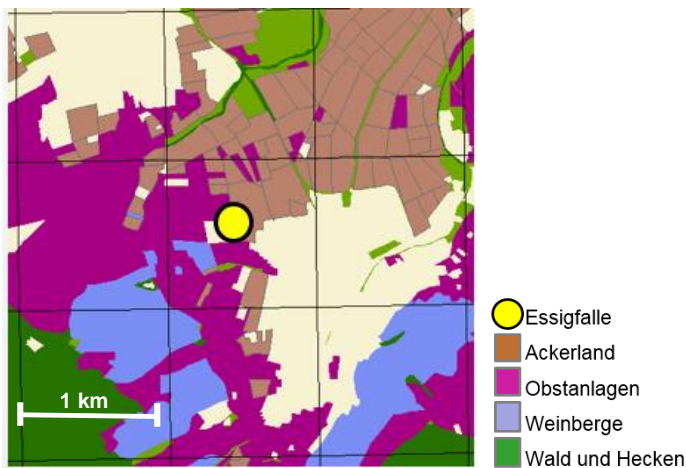


Abb. 19: Standort der Essigfalle im Quadratkilometer groben Rasternetz der Wetterdaten, kombiniert mit den Daten des digitalen Basis-Landschaftsmodell (Quelle: ATKIS-Basis-DLM; Bundesamt für Kartographie und Geodäsie)

Die erarbeiteten Datensätze wurden im Anschluss mittels binärer logistischer Regression ausgewertet. Hierbei wurden bei den Fangzahlen das mittlere Verhältnis der Monate Mai, Juni, und Juli in Bezug zum vorherigen November gebildet. Dieser Schritt wurde durchgeführt, um eine Relativierung der Fangzahlen im Frühjahr im Hinblick auf den Vorjahreswert vor der Kälteperiode im Herbst/Winter zu ermitteln. Zusätzlich ermöglichte dieses Verfahren die gemeinsame Auswertung von Fallenstandorten mit unterschiedlichen Fallentypen oder Fangflüssigkeiten. Im Anschluss wurden für die Auswertung mittels multipler binärer logistischer Regression zwei Kategorien (Fangzahlen hoch/niedrig) gebildet. Zusätzlich fand eine Auswertung des Datensatzes mittels Korrespondenzanalyse statt.

Als erklärende Variablen gingen die Habitatstruktur aus der bereits dargestellten Verschneidung mit den ATKIS-Daten und die Witterungsdaten im Zeitraum 01.10.-30.04. eines

Winterhalbjahres ein. Die Wetterdaten wurden im Hinblick auf Kältetage ($T_{\max} < 8 \text{ °C}$), Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$) und Eistage ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$) ausgewertet. In die statistische Auswertung flossen jeweils die Anzahl der Tage und die längste zusammenhängende Periode an Kälte-, Frost- oder Eistagen im dargestellten Zeitraum ein. Dieser Auswertungsansatz wurde gewählt, da sich aus Literaturquellen extrahieren ließ, dass eine erhöhte Mortalität oftmals nicht durch kurzzeitige Tiefsttemperaturen, sondern durch längere Phasen aufeinanderfolgender Kältetage ermittelt werden kann (DALTON et al., 2011; JARAUSCH et al., 2016).

Da insgesamt 390 Monitoringdatensätze zur Verfügung standen, war es möglich, den Datensatz für die statistische Auswertung zufällig zu teilen und die Parametrisierung der Variablen des Risikomoduls mit einer Hälfte des Datensatzes durchzuführen. Der zweite Teil der Daten wurde im Anschluss für eine erste unabhängige Validierung genutzt.

2.6 Validierung

2.6.1 Validierung des Ontogenese-Modells

Vorgehensweise

Zur Validierung des Phänologie-Moduls dienten mindestens 1x wöchentlich bonitierte BBCH-Stadien ab Stadium 51 (Knospenschwellen) bis zum Stadium 89 (Vollreife). Die Daten waren alle unabhängig von den zur Modellerstellung genutzten Datensätzen. Folgende Kulturen konnten erfolgreich validiert werden: Süßkirsche, Sauerkirsche, Brombeere, Himbeere und die beiden Rotweinsorten ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘, da für diese Kulturen ausreichend viele qualitativ gute BBCH-Daten akquiriert werden konnten.

Das Ontogenese-Modell wurde mit zwei unterschiedlichen Kriterien validiert. Mit dem ersten sogenannten „Konfidenzintervall-Kriterium“ wurde überprüft, ob die tatsächlich im Feld bonitierten BBCH-Stadien im 95%-Konfidenzintervall der Modellfunktion lagen. Traf dies zu, hat das Modell die Phänologie ‚korrekt‘ prognostiziert. Lag der Bonitурpunkt über dem „Oberen Konfidenzintervall“, hat das Modell das BBCH-Stadium unterschätzt. Im umgekehrten Fall handelt es sich um eine Modellüberschätzung, wenn der Bonitурpunkt unterhalb des „Unteren Konfidenzintervalls“ lag. Die Abb. 20 zeigt die Methodik der Validierung am Beispiel eines im Jahr 2020 in Langenlonsheim (Kreis Bad Kreuznach) bonitierten ‚Dornfelder‘.

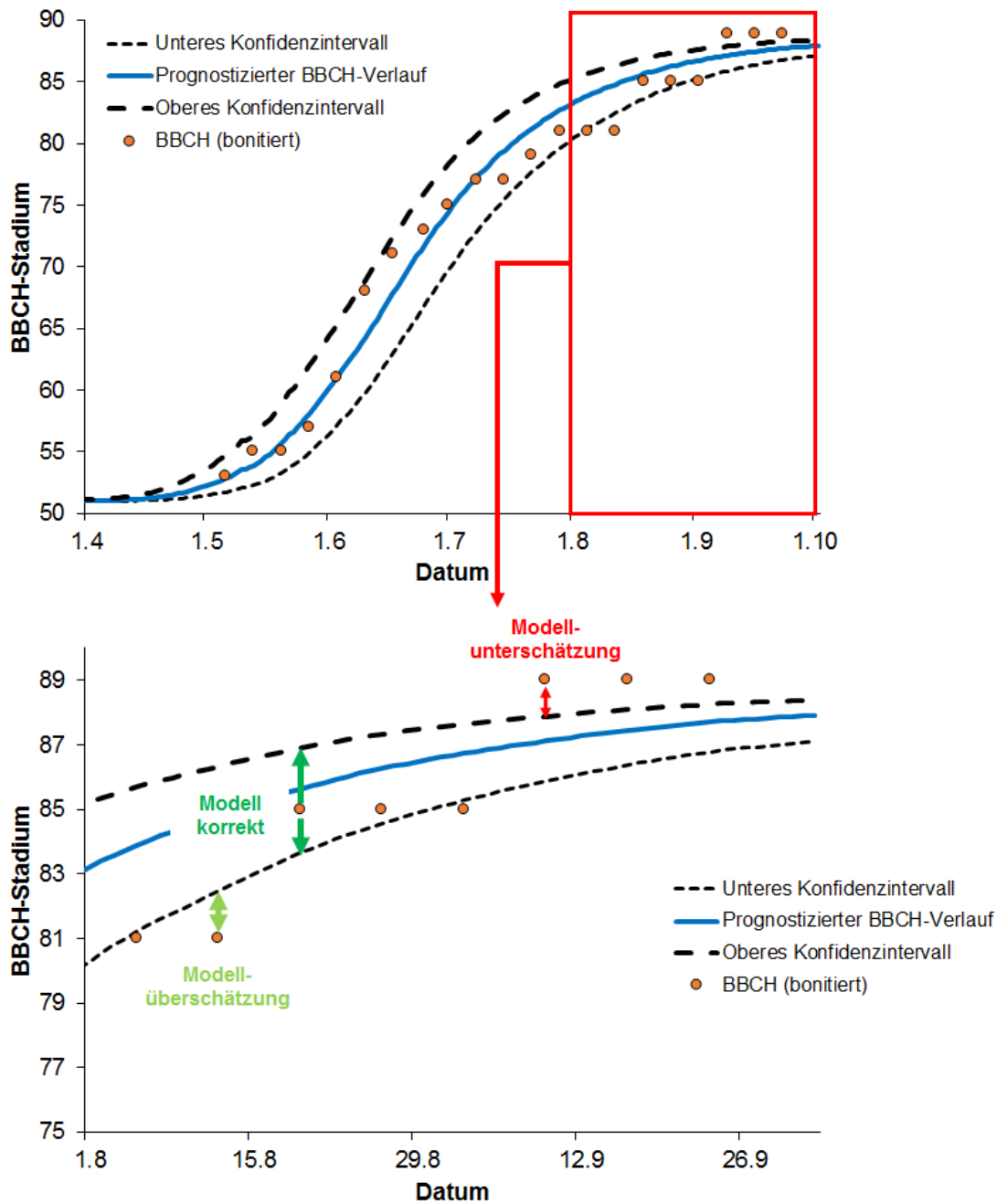


Abb. 20: Verlauf der durch SIMKEF-Teilmodul Ontogenese simulierte BBCH-Stadien mit dem Oberen und Unteren 95%-Konfidenzintervall und tatsächlich bonitierten BBCH-Stadien (oben) und eine Detailansicht zur Methodik der Validierung mittels des Konfidenzintervall-Kriteriums (unten) am Beispiel eines ‚Dornfelders‘ am Standort Langenlonsheim im Jahr 2020

Das zweite Validierungskriterium bewertet die Differenz zwischen dem simulierten und tatsächlich bonitierten Datum eines BBCH-Stadiums. Liegt die Abweichung zwischen dem simulierten und dem bonitierten BBCH-Stadium im Intervall von -7 bis +7 Tagen, hat das Modell ‚korrekt‘ prognostiziert. Liegt die Abweichung bei ≤ -7 Tage, war die Prognose ‚zu früh‘, bei >7 Tage war die Vorhersage des Modells ‚zu spät‘. Die Abb. 21 zeigt, ebenfalls am Beispiel

eines ‚Dornfelders‘ in Langenlonsheim im Jahr 2020, detailliert die Methodik des zweiten Validierungskriteriums.

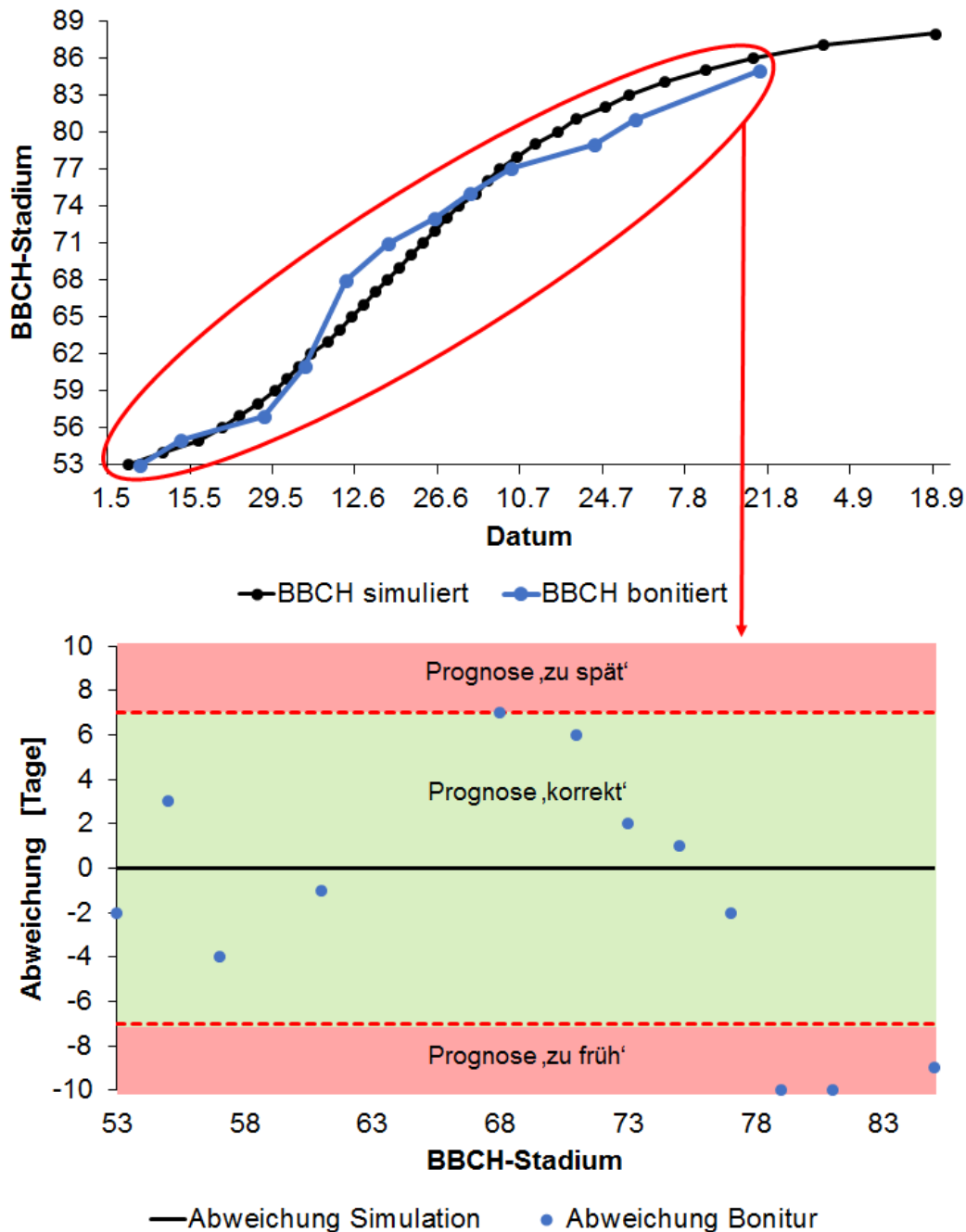


Abb. 21: Grafische Darstellung des modellierten und bonitierten Verlaufs der Phänologie (oben) und eine Detailansicht zur Methodik der Validierung mittels Abweichung Simulation – Bonitur [Tage] am Beispiel eines ‚Dornfelders‘ am Standort Langenlonsheim im Jahr 2020 (unten)

2.6.2 Validierung des Entscheidungshilfesystems SIMKEF

Das Ziel der Modellevaluierung war es zu überprüfen, inwieweit die erste von SIMKEF-modellierte Grenzwertüberschreitung eines Standortes (d. h.: erste mögliche Eiablage) mit dem ersten tatsächlich bonitierten Erstbefall an diesem Standort übereinstimmt.

Erforderliche Angaben über einen Evaluierungsstandort

- Geographische Koordinaten (zur Abfrage des interpolierten Wetters per Rado-ID des DWD, Bestimmung Tageslichtlänge und tägl. Entwicklungsrate für Ontogenesemodell)
- Art der Kultur (Süßkirsche, Sauerkirsche, Himbeere, Brombeere, Weinbeeren (Dornfelder & Portugieser))
- Sortenangabe, wenn möglich, bzw. Einteilung in früh, mittel oder spät reifende Sorte

Für die Daten des tatsächlich bonitierten Befalls an Früchten, die für die Evaluierung genutzt werden, gelten eine ganze Reihe von Anforderungen, die im Folgenden genauer aufgeführt werden.

Anforderungen an die Evaluierungsdaten:

1. das Datum des Erstbefalls musste bekannt sein (dieses Datum wird mit dem des modellierten Erstbefalls verglichen),
2. am 1. Boniturtermin durfte kein Befall vorliegen → ein Nullpunkt muss zum genauen Bestimmen des Erstbefall-Zeitpunkts bekannt sein,
3. das Datum des BBCH 81-Stadiums (Beginn des Farbumschlags) musste bekannt sein → der Einfluss des Ontogenesemodells sollte möglichst eliminiert werden, daher wurde dieses so eingestellt/korrigiert, dass das prognostizierte BBCH-Stadium 81 mit dem tatsächlich bonitierten Zeitpunkt übereinstimmte (kann in www.isip.de per Eingabe korrigiert werden),
4. die Kulturen müssen entweder unbehandelt sein bzw. die Applikation von Insektiziden muss zwingend nach dem bonitierten Erstbefall erfolgt sein (ebenfalls darf sich die Kultur weder unter einem Netz, noch einer Folie befinden bzw. keine anderen/weiteren Bekämpfungsmaßnahmen am Standort durchgeführt worden sein),
5. im Idealfall wurden mindestens drei Boniturtermine an einer Sorte an einem Standort durchgeführt,
6. nach Möglichkeit Beprobung des immer gleichen Baums bzw. Strauchs bzw. Bereichs einer Anlage und sortenreine Befallsproben (Mischproben verschiedener Sorten dann möglich, wenn diese in etwa den gleichen Reifezeitpunkt haben) sowie
7. nach Möglichkeit Bonitur aller im Moment vorhandener Reifegruppen, ansonsten Beprobung der am weitesten fortgeschrittenen Früchte.

Die oben aufgeführten Punkte 1 bis 4 mussten eingehalten werden, damit die Evaluierung verschiedener Standorte standardisiert und vergleichbar durchgeführt werden konnte. Die Punkte 5 bis 7 waren wünschenswert, aber nicht zwingend notwendig.

Das der Evaluierung zugrunde liegende Kriterium lautete folgendermaßen:

„Liegt die Differenz zwischen dem simulierten Datum des Erstbefalls und dem des tatsächlichen in einem Intervall von -7 bis +7 Tagen?“. Wird das Kriterium erfüllt, wird die Prognose als „korrekt“ eingestuft. Liegt die Abweichung bei < -7 Tagen so hat die Entscheidungshilfe diese Anzahl an Tagen zu spät reagiert, d. h. die erste SIMKEF-Grenzwertüberschreitung fand diese Anzahl an Tagen hinter dem tatsächlich bonitierten Erstbefall statt.

Beim gegenteiligen Fall, sprich einer Differenz von $> +7$ Tagen, hat SIMKEF die entsprechende Anzahl an Tagen zu früh gewarnt, d. h. die simulierte erste Grenzwertüberschreitung liegt diese Anzahl an Tagen vor dem tatsächlichen bonitierten Erstbefall.

3. Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Monitoring

3.1.1.1 Ganzjähriger Aktivitätsverlauf von *D. sukuzii*

Standorte im Obst

LTZ Augustenberg:

Süßkirsche

In den Jahren 2016 bis 2020 wurden vom LTZ Augustenberg insgesamt acht Essigfallen in aktiv bewirtschafteten Süßkirschanlagen bzw. in Hecken in unmittelbarer Nähe installiert und fortlaufend betreut. Die Abb. 22 zeigt den ganzjährigen Verlauf, nach Jahren getrennt, beispielhaft an zwei aufsummierten Heckenfallen und der Summe von zwei in Bäumen der Sorte ‚Giorgia‘ hängenden Essigfallen. Es konnte ein ähnlicher Verlauf der Fangzahlen über das Jahr beobachtet werden. Wie an anderen Standorten auch, gab es deutlich höhere Fangzahlen in den Heckenfallen und deutliche Peaks ab Ende Juli/Anfang August sowie ab Ende Oktober/Anfang November. In der Regel blieben die Zahlen bis Anfang des Jahres konstant hoch, ehe sie zum Beginn des nächsten Jahres wieder deutlich abnahmen.

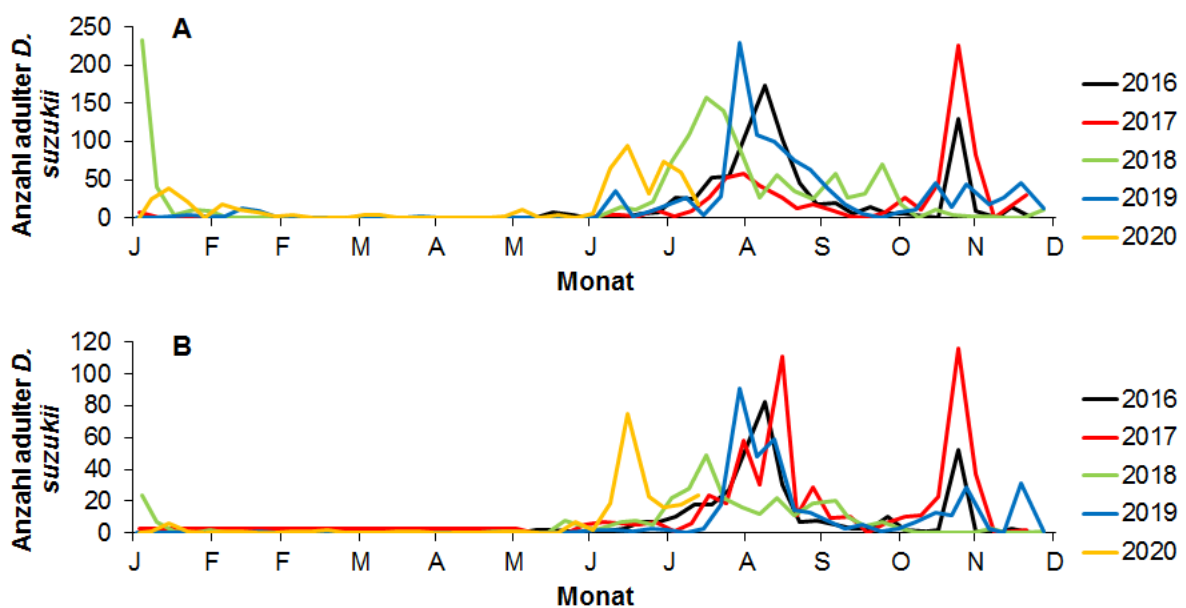


Abb. 22: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge von adulten *D. sukuzii* in einer Hecke nahe einer Süßkirschanlage (A) und in einer aktiv bewirtschafteten Süßkirschanlage (B) (jeweils Summe aus 2 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) am LTZ Augustenberg im gesamten Monitoringzeitraum 2016 bis 2020

Brombeere

Vom LTZ Augustenberg wurden ebenfalls einige Fallen in der Kultur ‚Brombeere‘ von 2016 bis 2020 betreut. Zwei Fallen hingen in Hecken in der unmittelbaren Nähe einer aktiv bewirtschafteten Brombeeranlage sowie in den beiden Sorten ‚Dirksen Thornless‘ und ‚Loch Ness‘. Die Summe der beiden Heckenfallen und der beiden Kulturfallen sind in Abb. 23, nach Jahren getrennt, dargestellt. Die Fangzahlen der Hecke waren auch hier deutlich höher. Die meisten Tiere konnten Ende Juli/Anfang August gefangen werden, einen erneuten Anstieg gab es ab Ende Oktober/November. Das Jahr 2019 zeigte tendenziell leicht höhere Fänge an.

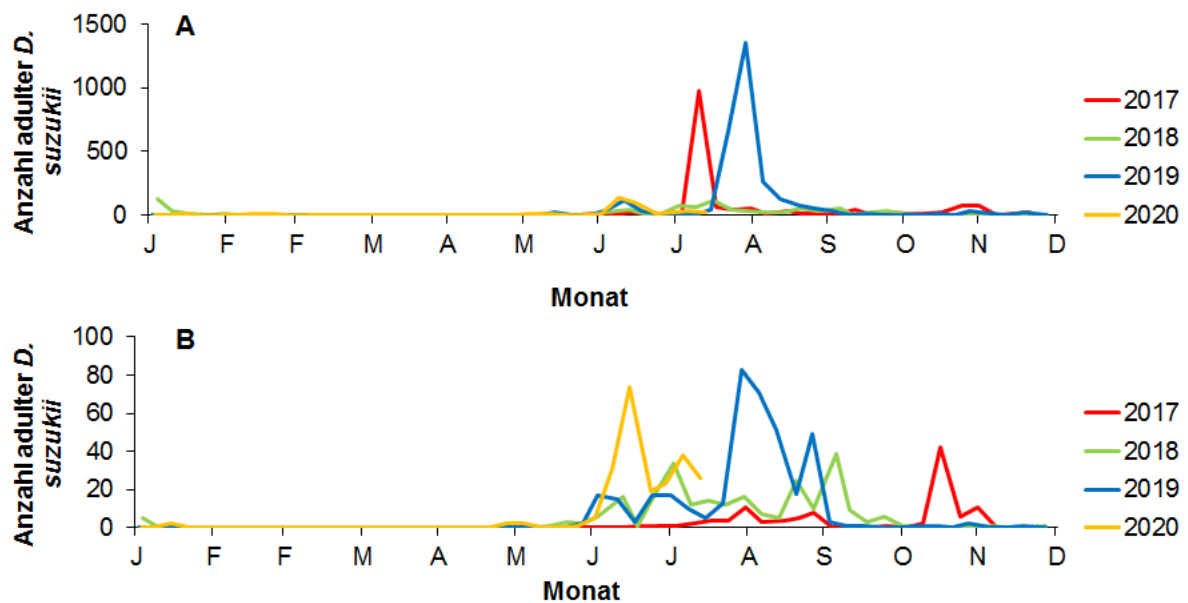


Abb. 23: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge von adulten *D. suzukii* in einer Hecke nahe einer Beerenobstanlage (A) und in einer aktiv bewirtschafteten Brombeeranlage (B) (jeweils Summe aus 2 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) am LTZ Augustenberg im gesamten Monitoringzeitraum 2017 bis 2020

Himbeere

Der ganzjährige Verlauf der Fangzahlen in einer aktiv bewirtschafteten Himbeeranlage der Sorte ‚Tulameen‘ am LTZ Augustenberg der Jahre 2017 bis 2020 kann der Abb. 24 entnommen werden. Auch hier zeigt sich der typische Verlauf der Fangzahlen, der auch in den anderen Kulturen zu beobachten war.

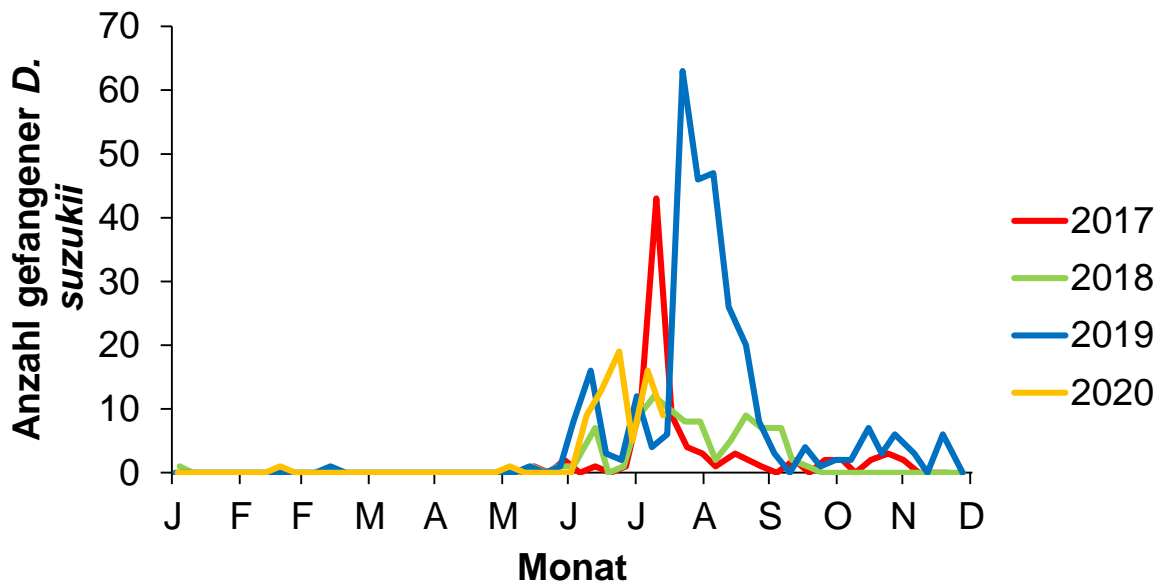


Abb. 24: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge (Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) von adulten *D. suzukii* in einer aktiv bewirtschafteten Himbeeranlage (Sorte ‚Tulameen‘) im gesamten Monitoringzeitraum 2017 bis 2020

Bereich ZEPP:

Von der ZEPP wurden zwei Monitoringstandorte mit Obstkulturen ganzjährig betreut. Am Standort Heidesheim am Rhein (Rheinhessen) hingen von April 2017 bis Ende Juli 2020 zwei Essigfallen im Abstand von ca. 70 Metern in zwei Hecken unweit einer aufgegebenen Süßkirschanlage. Dieser Standort befand sich inmitten eines intensiven Obstanbaugebietes, wobei die Süßkirschen nicht mehr abgeerntet wurden. Die Abb. 25 zeigt den ganzjährigen Verlauf der Essigfallenfänge des gesamten Beprobungszeitraums von 2017 bis 2020, getrennt nach den einzelnen Jahren (Summe aus zwei Fallen). In allen Jahren konnten hohe Fangzahlen zu Beginn des Jahres beobachtet werden, mit einem anschließend starken Rückgang der Fänge bis Ende Juli/Anfang August und Höchstwerten gegen Ende des Herbstes.

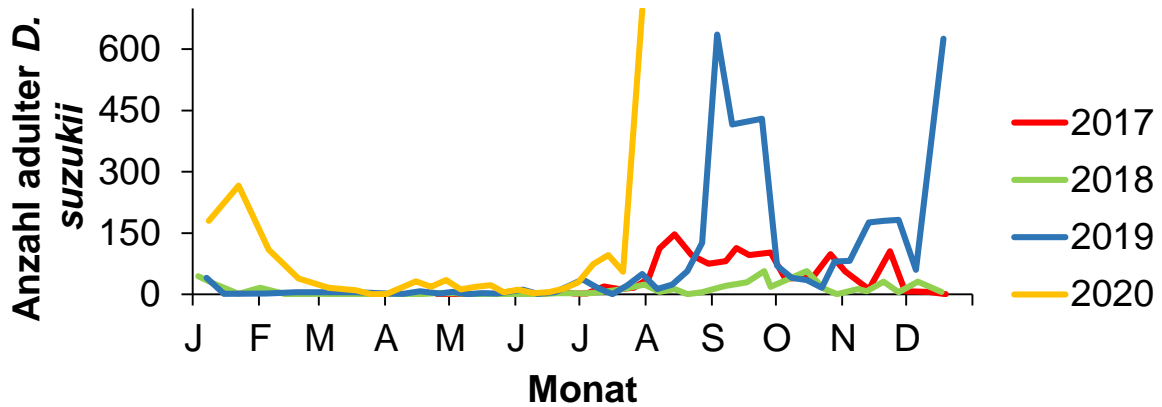


Abb. 25: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge (Summe aus 2 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) von adulten *D. suzukii* in einer offen gelassenen Süßkirschanlage in Heidesheim a. R. des gesamten Untersuchungszeitraums der Jahre 2017 bis 2020

In einer offen gelassenen und isoliert liegenden Sauerkirschanlage in Nieder-Hilbersheim (Rheinhessen) wurden ebenfalls zwei Essigfallen von November 2017 bis Ende Juli 2020 aufgehängt. Die Fallen hingen in einem Abstand von ca. 100 m in zwei Bäumen (Sorte: ‚Gerema‘ und ‚Schattenmorelle‘) inmitten der Anlage. Der Abb. 26 ist der ganzjährige Verlauf der Fangzahlen, getrennt nach den Jahren 2017 bis 2020, zu entnehmen (Summe aus beiden Fallen). Nach sehr niedrigen Fangzahlen in den Jahren 2017 und 2018 konnten ab Juli 2019 sehr hohe Fänge mit Peaks im September und Anfang Dezember beobachtet werden.

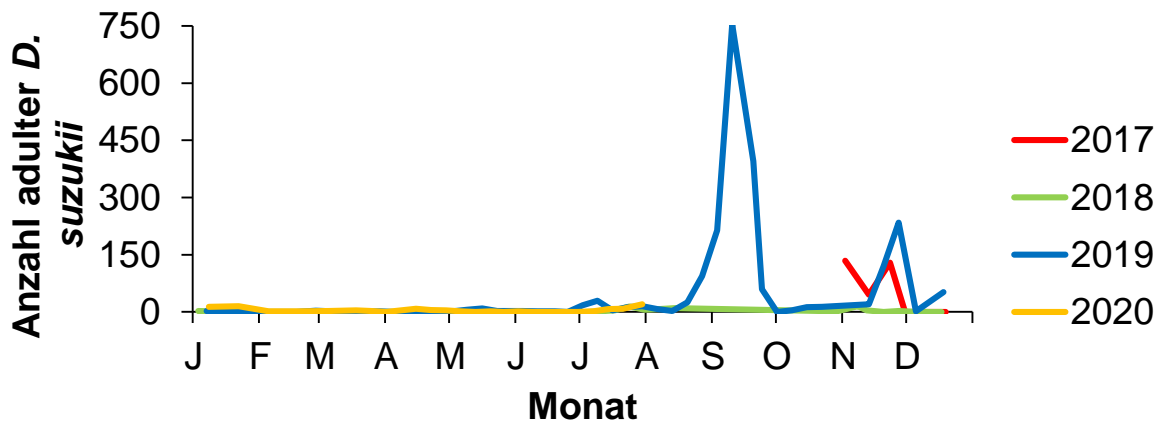


Abb. 26: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge (Summe aus 2 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) von adulten *D. suzukii* in einer aufgegebenen Sauerkirschanlage in Nieder-Hilbersheim (Rheinhessen) des gesamten Untersuchungszeitraums der Jahre 2017 bis 2020

Standorte in Weinreben

Bereich DLR Rheinpfalz:

Vom DLR Rheinpfalz wurden in den Jahren 2016 bis 2018 insgesamt drei Essigfallen am Standort Bad Dürkheim betreut. Eine befand sich in einer Hecke nahe einer Weinfläche, zwei hingen in Anlagen der Rotweinsorten ‚Dornfelder‘ und ‚Acolon‘. Der ganzjährige Verlauf, nach den Jahren getrennt, ist der Abb. 27 zu entnehmen. Die absoluten Fangzahlen lagen in der Hecke höher als in den beiden Anlagen (dort 2 Fallen aufsummiert!). Einen starken Anstieg der Zahlen konnte auch hier gegen Ende Juli/Anfang August und Ende Oktober/November beobachtet werden. Die drei Fallen wurden Ende September 2018 wegen Aufgabe der Weinflächen entfernt und zusammen mit einer zusätzlichen Falle am Standort Kallstadt neu angebracht.

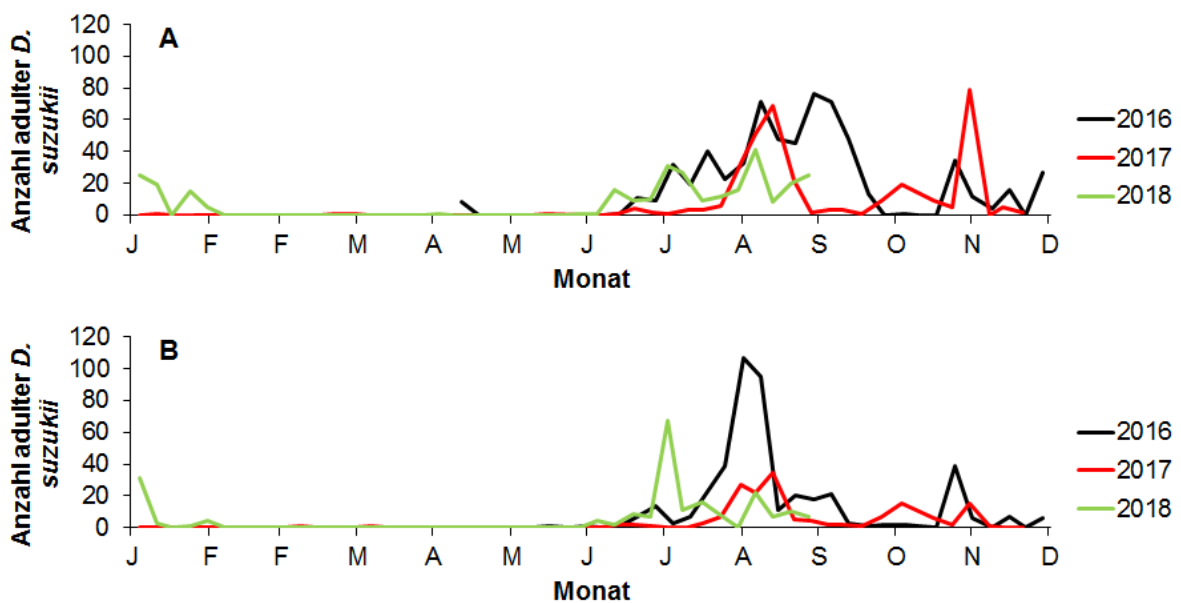


Abb. 27: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge von adulten *D. suzukii* in einer Hecke nahe einer Weinanbaufläche (A) und in einer aktiv bewirtschafteten Rebfläche, Sorten ‚Dornfelder‘ & ‚Acolon‘ (Summe aus 2 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) (B) in Bad Dürkheim, Pfalz; im gesamten Monitoringzeitraum 2016 bis 2018

In Kallstadt wurden vier Fallen Ende September 2018 neu aufgehängt und bis zum Ende des Monitorings 2020 fortlaufend betreut. Die Abb. 28 zeigt die Jahresverläufe der aufsummierten Fallenfänge der Hecke sowie der drei Fallen in der Rebanlage. Auch hier lagen die Heckenfangzahlen deutlich höher. Die Peaks lagen im gleichen zeitlichen Raum wie die der anderen Standorte.

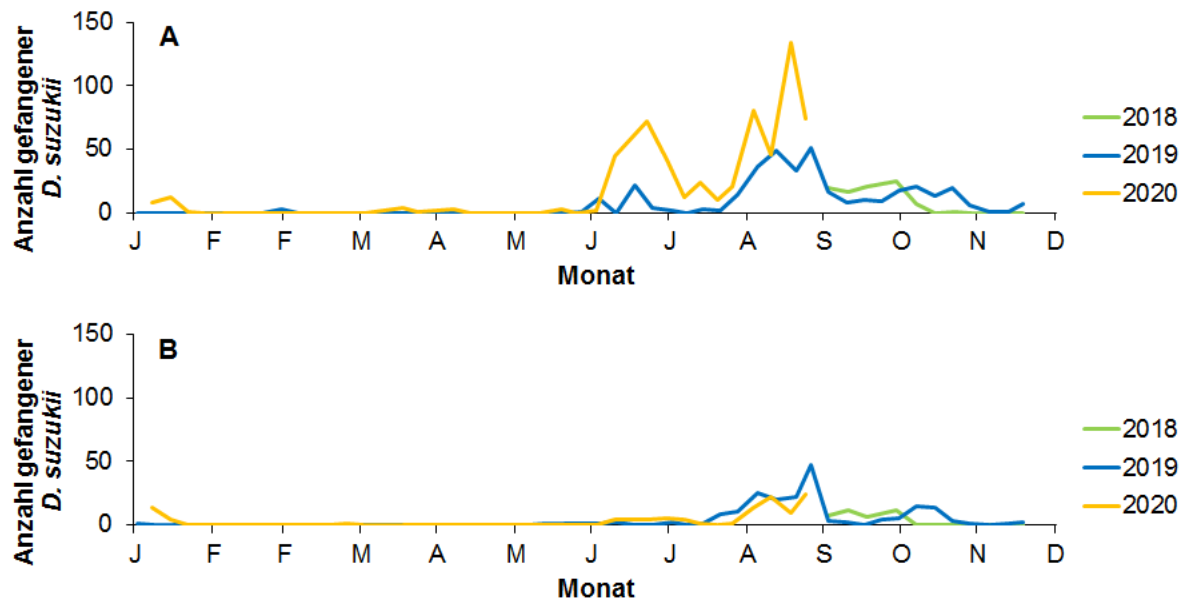


Abb. 28: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge von adulten *D. suzukii* in einer Hecke nahe einer Weinanbaufläche (A) und in einer aktiv bewirtschafteten Rebfläche, Sorten ‚Dornfelder‘ & ‚Portugieser‘ (Summe aus 3 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) (B) in Kallstadt, Pfalz; im gesamten Monitoringzeitraum 2018 bis 2020

Am Standort Leistadt wurden durchgehend fünf Essigfallen von 2016 bis 2020 betreut. Zwei davon befanden sich in Hecken, drei weitere in Rebanlagen. Die Fangzahlen der Heckenfallen waren deutlich höher als in den Weinreben. Auch an diesem Standort ist der typische Jahresverlauf der Fallenfänge zu sehen (Abb. 29).

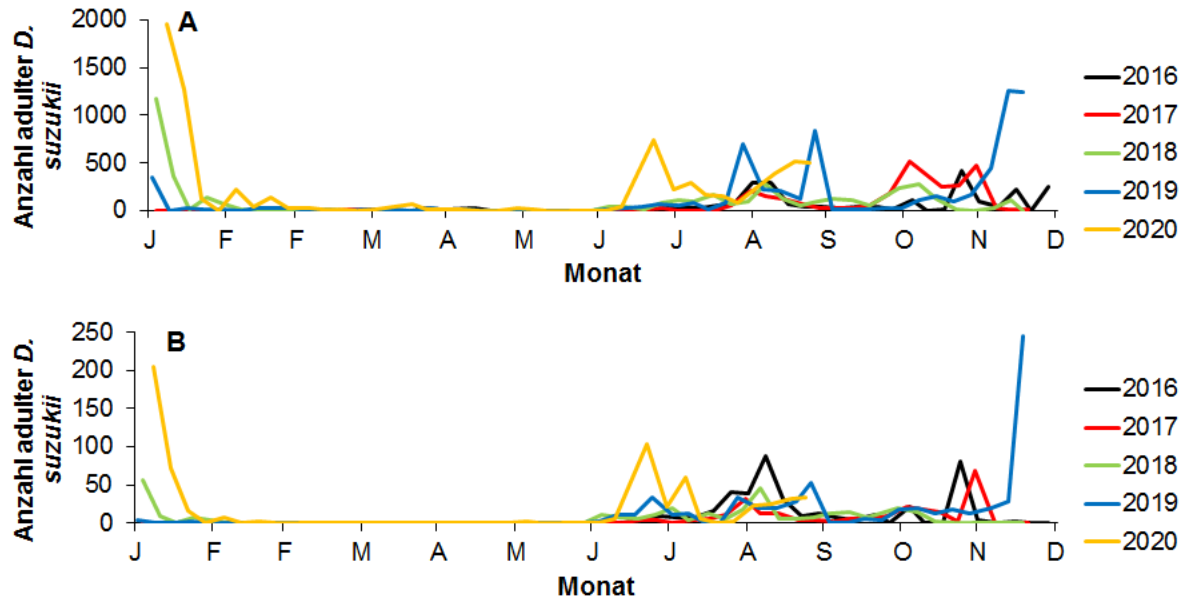


Abb. 29: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge von adulten *D. suzukii* in einer Hecke nahe einer Weinanbaufläche (A) (Summe aus 2 Fallen) und in einer aktiv bewirtschafteten Rebfläche, Sorten ‚Dornfelder‘ & ‚Dunkelfelder‘ (Summe aus 3 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) (B) in Leistadt, Pfalz; im gesamten Monitoringzeitraum 2016 bis 2020

Am Standort Ruppertsberg wurden eine Heckenfalle und zwei Fallen in einer Rebanlage von 2016 bis 2020 ausgewertet. Den Verlauf der Fangzahlen zeigt die Abb. 30, er gleicht sehr stark den Verläufen der anderen Standorte.

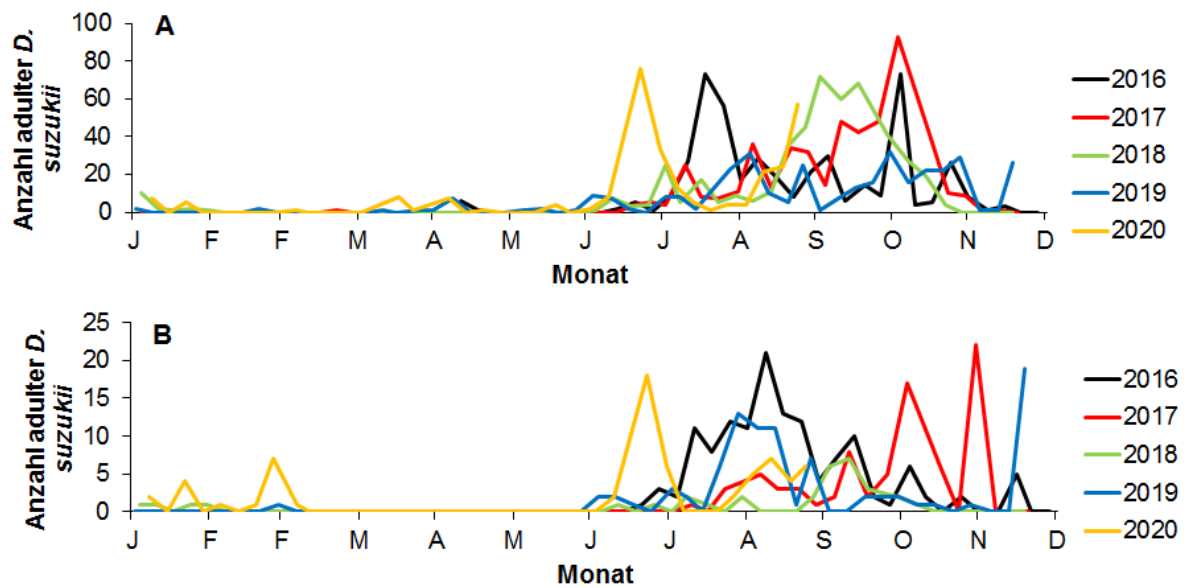


Abb. 30: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge von adulten *D. sukuzii* in einer Hecke nahe einer Weinanbaufläche (**A**) und in einer aktiv bewirtschafteten Rebfläche, Sorten ‚Dornfelder‘ & ‚Portugieser‘ (Summe aus 2 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) (**B**) in Ruppertsberg, Pfalz; im gesamten Monitoringzeitraum 2016 bis 2020

Der ganzjährige Verlauf der Fänge von *D. suzukii* am Standort St. Martin ist in Abb. 31 zu sehen. Hier wurde eine Heckenfalle bonitiert, in den Rebflächen waren insgesamt drei Fallen an den Sorten ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘ installiert. Auch hier sind der typische Jahresverlauf und der Unterschied in den absoluten Fangzahlen zwischen Hecke und Rebanlage deutlich zu erkennen.

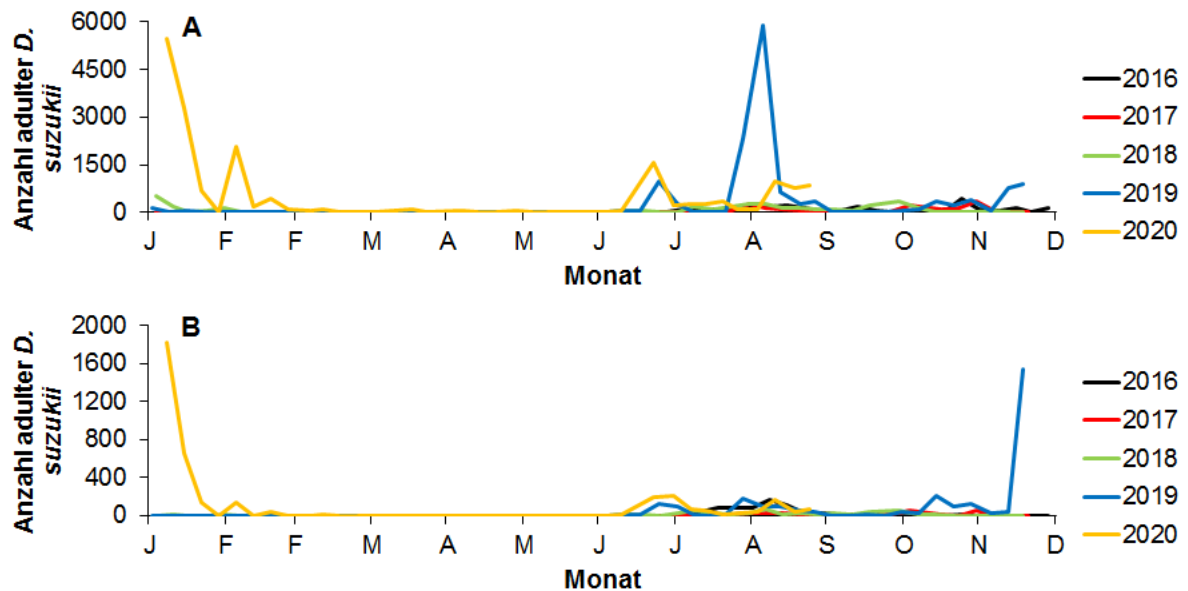


Abb. 31: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge von adulten *D. suzukii* in einer Hecke nahe einer Weinanbaufläche (A) und in einer aktiv bewirtschafteten Rebfläche, Sorten ‚Dornfelder‘ & ‚Portugieser‘ (Summe aus 3 Fallen; Fangflüssigkeit: Apfelessig:Wasser 1:1) (B) in St. Martin, Pfalz; im gesamten Monitoringzeitraum 2016 bis 2020

Bereich ZEPP:

Im Zeitraum von 2016 bis 2020 wurden von der ZEPP insgesamt fünf Essigfallen in Hecken in der Nähe von Weinanbauflächen betreut und ausgewertet. Jeweils eine Falle wurde in Bad Sobernheim, Mandel, Langenlonsheim, KH-Planig und Bad Kreuznach aufgehängt. Die Abb. 32 zeigt den zeitlichen Verlauf der Fallenfänge der Jahre 2016 bis 2020. Für jeden Auswertungstag wurde der Mittelwert der Fangzahlen aller fünf Fallen berechnet und dargestellt. Auch hier zeigt sich deutlich der typische Verlauf mit stark ansteigenden Fangzahlen gegen Juli/August mit Maximalwerten im November bis zu einem starken Rückgang gegen Anfang des folgenden Jahres.

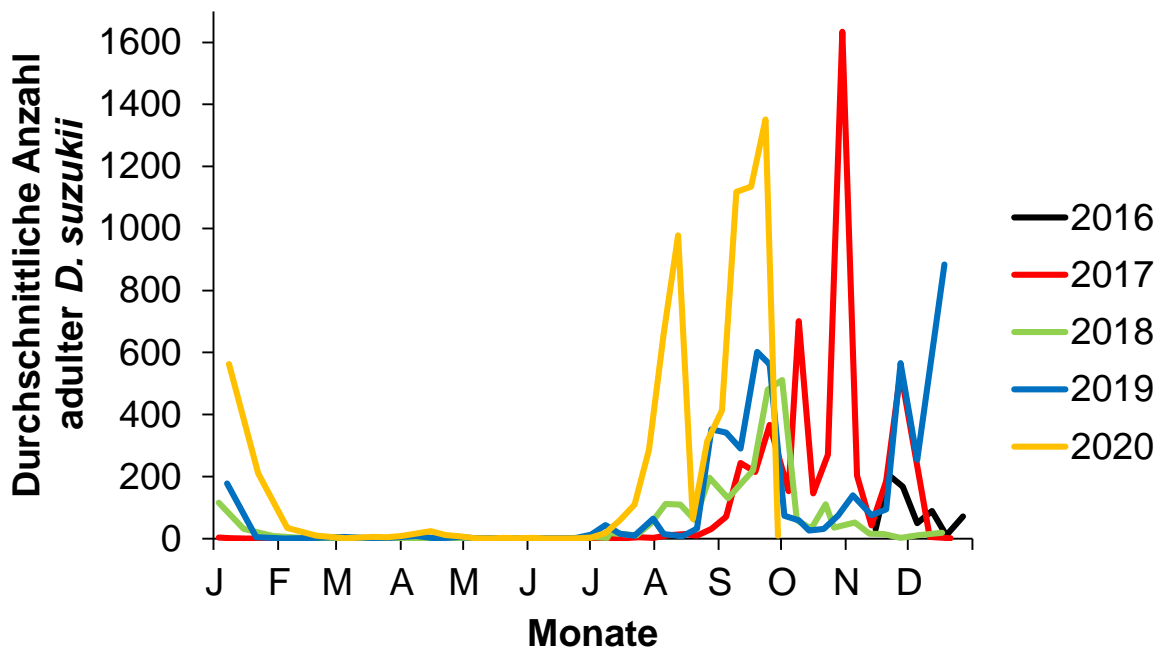


Abb. 32: Ganzjähriger Verlauf der Fallenfänge (Mittelwert jedes Fangtages); Fangflüssigkeit: Rotwein:Apfelessig 3:1) von adulten *D. suzukii* in Hecken in der unmittelbaren Nähe von Weinreben in Bad Sobernheim, Mandel, Langenlonsheim, KH-Planig und Bad Kreuznach in den Monitoringjahren 2016 bis 2020

3.1.1.2 Befallsdaten von *D. suzukii*

In den beiden Tabellen (Tab. 2 & Tab. 3) im Kapitel 2.2 zum Monitoring ist der gesamte Befallsdatenbestand der drei Verbundpartner in jeweils einer Übersichtstabelle dargestellt. Die Abb. 33 zeigt beispielhaft den Befallsverlauf von zwei parallel beprobten Süßkirschenbäumen der Sorte ‚Regina‘ am LTZ Augustenberg in 2019. Die Befallshäufigkeit steigt im Laufe der Zeit stark bis auf über 90 % an, die höchsten Werte konnten dabei bei BBCH-Stadium 89 (reife Frucht) beobachtet werden. Die Abb. 34 zeigt ebenfalls einen Befallsverlauf durch die Kirschessigfliege, in diesem Beispiel ist eine Brombeeranlage der Sorte ‚Loch Ness‘ am Standort LTZ Augustenberg aus 2018 zu sehen. Der Befall stieg in allen BBCH-Stadien vom Boniturbeginn Mitte Juni bis Mitte Juli kontinuierlich an und erreichte Maximalwerte in den Stadien 87 (Umfärbung von Rot auf Schwarz) und 89 von 70 bis 90 %. Ende Juli kam es in nachreifenden Früchten witterungsbedingt zu einem leichten Rückgang des Befalls auf 20 bis 60 % je nach BBCH-Stadium. Im August stieg der Befall wieder stark an. Auch hier konnte in den weiter fortgeschrittenen Reifestadien stets ein höheres Befallsgeschehen festgestellt werden.

Die Befallsdaten wurden zur Evaluierung des EHS verwendet. Die Ergebnisse sind dem Kapitel „3.1.5.2 Modellevaluierung – Befallsbeginn“ zu entnehmen.

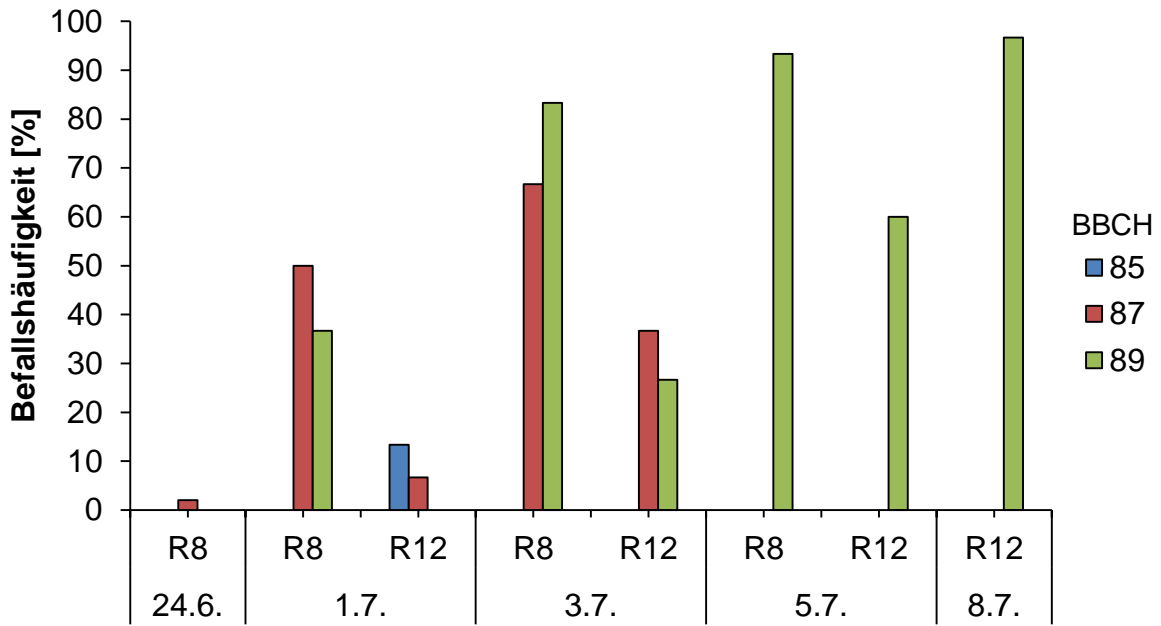


Abb. 33: Befallshäufigkeiten von zwei Süßkirschbäumen (Reihe 8 & Reihe 12) der Sorte ‚Regina‘ nach BBCH-Stadien getrennt, am LTZ Augustenberg im Jahr 2019

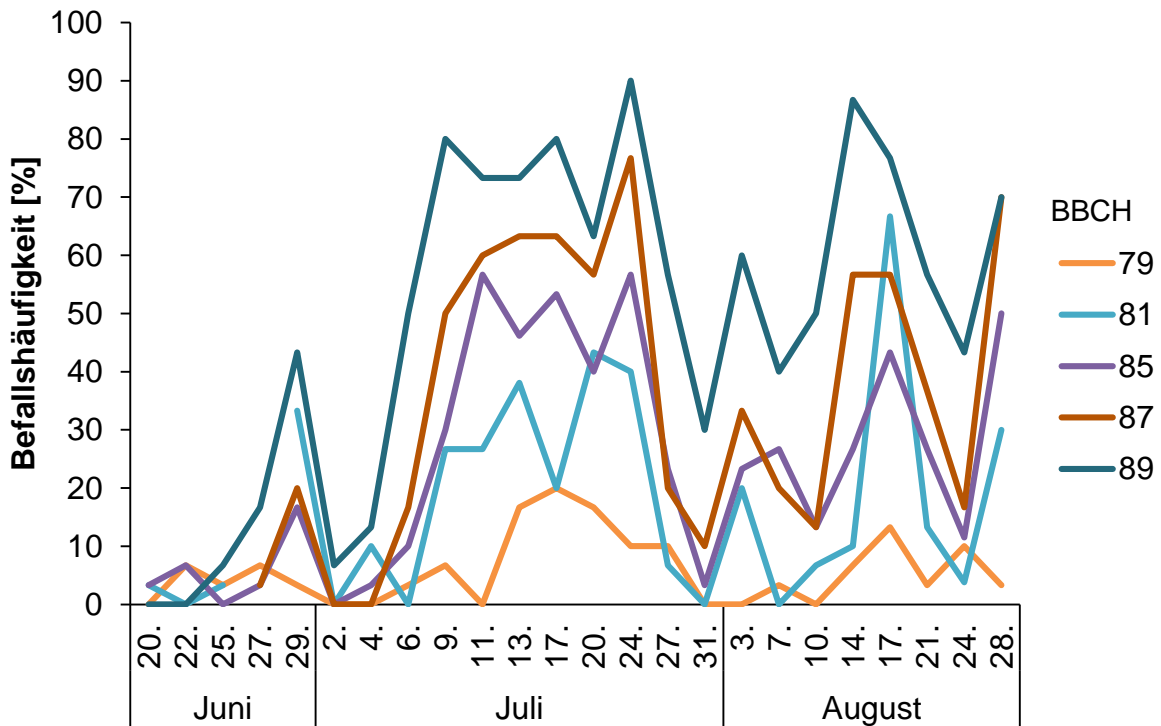


Abb. 34: Befallsverlauf in einer Brombeeranlage der Sorte ‚Loch Ness‘ am LTZ Augustenberg im Jahr 2018

3.1.1.3 BBCH-Stadien Obst

Den Tab. 5 und Tab. 6 im Kapitel 2.2 „Monitoring“ ist die Zusammensetzung des BBCH-Datensatzes der Obstkulturen Kirsche sowie Him- und Brombeeren zu entnehmen.

Die Abb. 35 zeigt beispielhaft den Verlauf der BBCH-Stadien einer Süßkirsche der Sorte ‚Giorgia‘ am LTZ Augustenberg und einer Sauerkirsche der Sorte ‚Schattenmorelle‘ in Nieder-Hilbersheim (Rheinhessen) im Jahr 2020. Es ist deutlich zu erkennen, dass ab Mitte April die Entwicklung der Morphologie der Süßkirsche deutlich schneller verläuft, als bei der Sauerkirsche.

Die bonitierten BBCH-Datensätze wurden zur Validierung des Ontogenesemodells genutzt. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3.1.5.1 „Validierung Ontogenese“ (Abb. 76, Abb. 77, Abb. 78, Abb. 79) dargestellt.

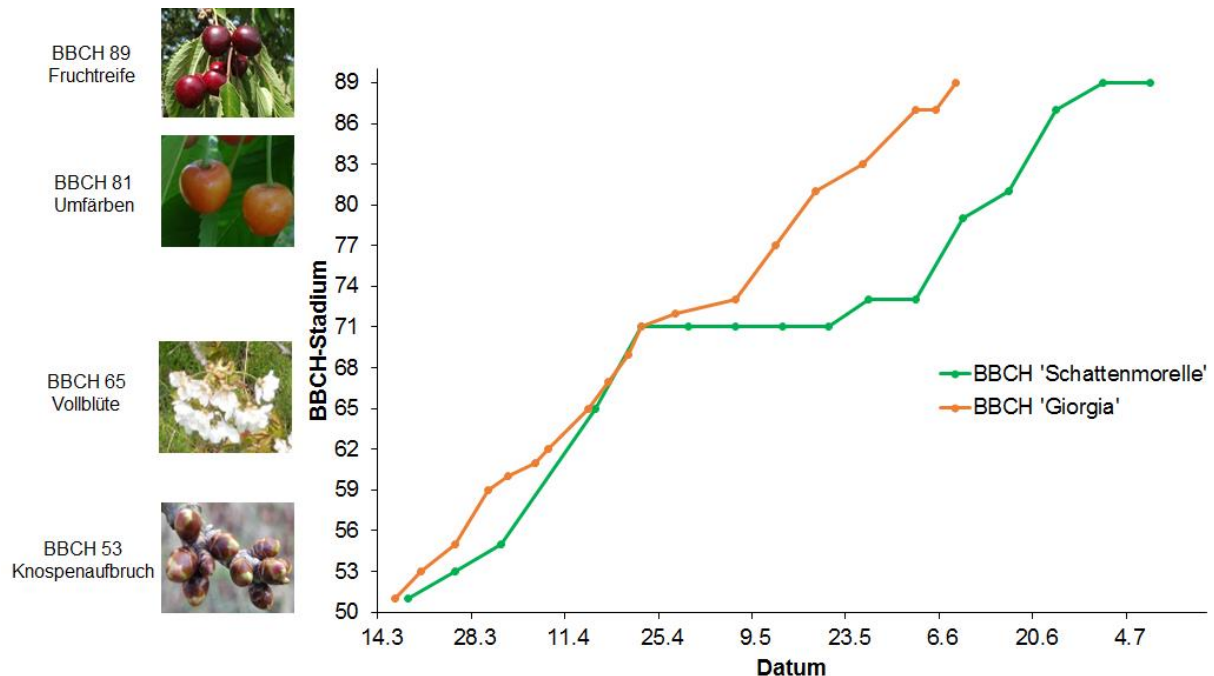


Abb. 35: Verlauf der BBCH-Bonituren der Süßkirsche der Sorte ‚Giorgia‘ am LTZ Augustenberg und der Sauerkirsche der Sorte ‚Schattenmorelle‘ in Nieder-Hilbersheim im Jahr 2020

3.1.1.4 BBCH-Stadien und Grad Oechsle Weinreben

Dem Kapitel 2.2 „Monitoring“ ist die Vorgehensweise sowie die Übersicht (Tab. 7) der im Projekt erhobenen BBCH-Bonituren in Weinreben zu entnehmen. Die Abb. 36 zeigt beispielhaft an einem ‚Portugieser‘ in St. Martin (Pfalz) im Jahr 2019 den Verlauf der bonitierten BBCH-Stadien sowie das zugehörige gemessene Mostgewicht. Diese Daten wurden zur Validierung des Ontogenesemodells verwendet. Die Ergebnisse sind in Kapitel 3.1.5.1 „Validierung Ontogenese“ dargestellt.

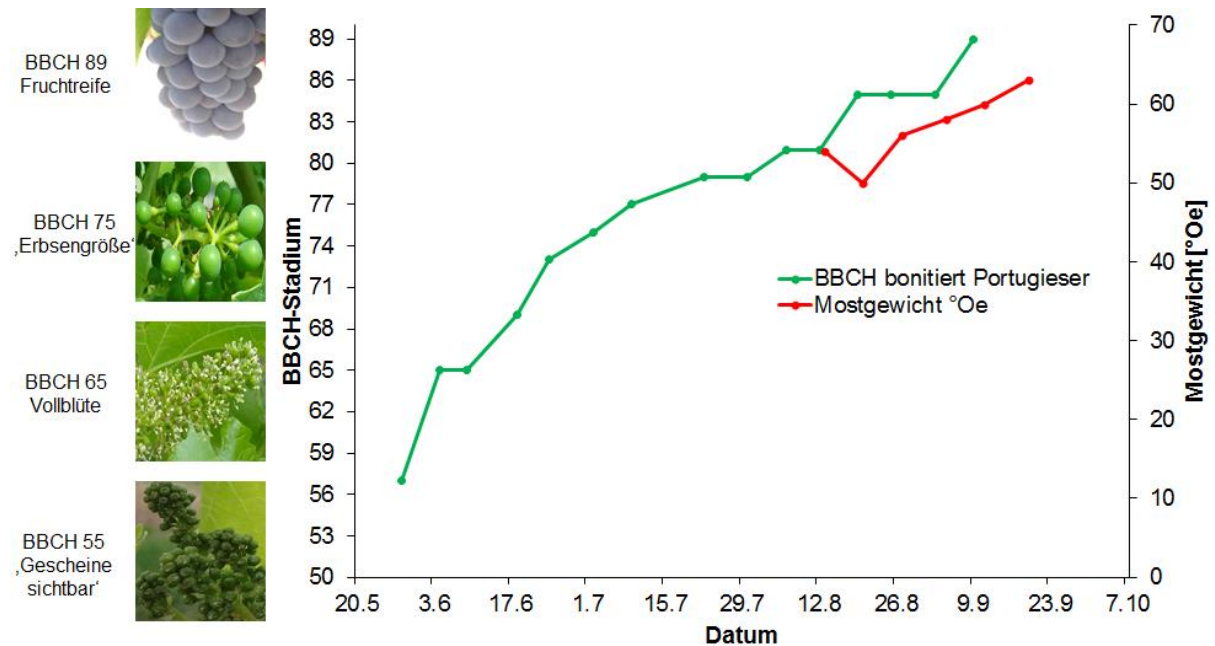


Abb. 36: Verlauf der BBCH-Bonitur sowie des gemessenen Mostgewichts [°Oe] am Beispiel eines ‚Portugiesers‘ in St. Martin, 2020

3.1.2 Laborversuche

3.1.2.1 Entwicklungszyklus von *D. suzukii*

In dieser Versuchsreihe wurde der Einfluss der Temperatur auf den gesamten Entwicklungszyklus der KEF vom Ei bis zur adulten Fliege untersucht und die temperaturabhängige Entwicklung der KEF quantifiziert. Bei der anschließenden Modellierung konnte die Korrelationen zwischen Temperatur und den Entwicklungsparametern statistisch beschrieben werden.

Die höchste Eiablage wurde innerhalb der Versuchsreihe bei 28,2 °C mit einer durchschnittlichen Anzahl von 8,35 Eiern pro Weibchen pro Tag verzeichnet. Bei 15,3 °C und 33,5 °C wurden durchschnittlich 1 bzw. 0,41 Eier gelegt. Dies zeigt, dass sich die Eiablage bei diesen letztgenannten Temperaturwerten nahe an den oberen und unteren Grenzbereichen der Temperatur befindet (Abb. 37).

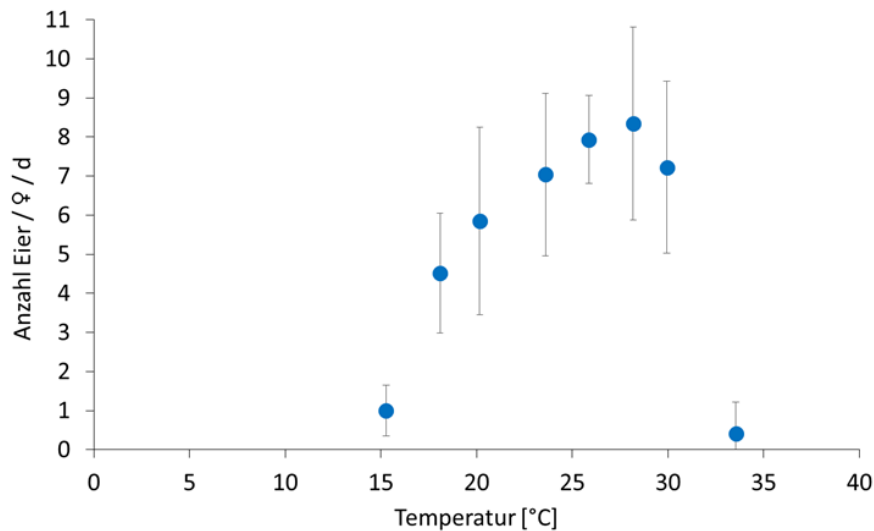


Abb. 37: Tägliche Eiablage von *D. suzukii* in Abhängigkeit von der Temperatur

Bei einer Temperatur von 23,7 °C betrug die Überlebensrate des gesamten Entwicklungszyklus (Ei bis Adulte) 76 %. Bei 15,5 °C und 29,9 °C überlebten 19 % bzw. 1 % der Fliegen. Bei 33,8 °C fand keine vollständige Entwicklung vom Ei bis zur adulten Fliege mehr statt (Abb. 38).

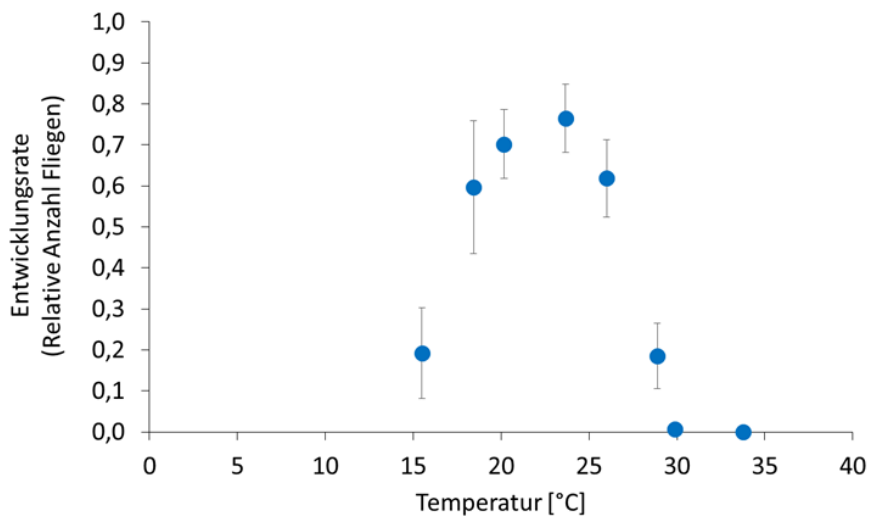


Abb. 38: Überlebensrate während der Entwicklung von *D. suzukii* vom Ei bis zur adulten Fliege in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Auswertung der Entwicklungsdauer orientiert sich am Zeitpunkt, an dem 50 % der adulten Fliegen entwickelt waren, wobei der Unterschied zu 75 % gering war. Am schnellsten verlief die gesamte Entwicklung bei 28,9 °C mit einer Dauer von 11 Tagen. Bei 15,5 °C dauerte die Entwicklung 30 Tage und bei 29,9 °C 12 Tage (Abb. 39).

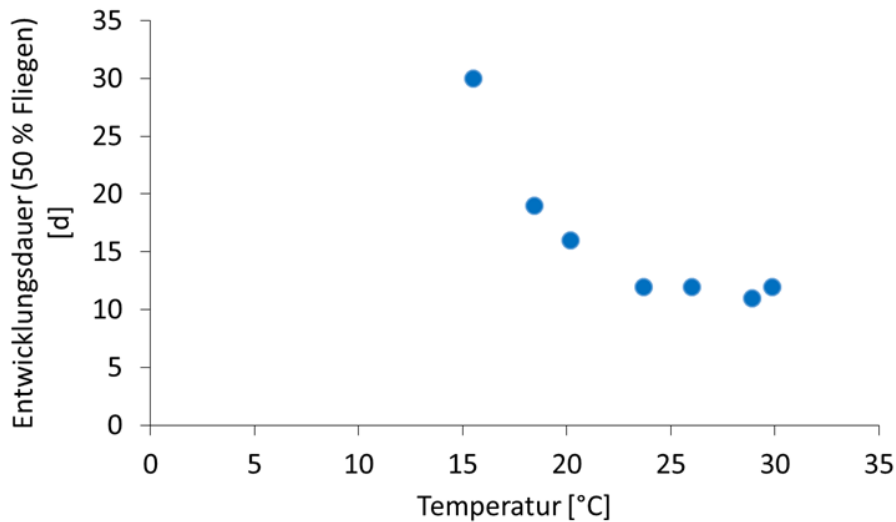


Abb. 39: Entwicklungsdauer der Entwicklung von *D. sukii* vom Ei bis zur adulten Fliege in Abhängigkeit von der Temperatur

Bei den durchgeführten Eiablageversuchen mit verschiedenen Luftfeuchte- und Temperaturkombinationen zeigte sich lediglich im optimalen Temperaturbereich (23,5 bis 28,2 °C) ein positiver Effekt steigender Luftfeuchte auf die Eiablage, während im sub- (15,1 °C, 18,1 °C) und supraoptimalen Temperaturbereich (32,2 °C) keine Effekte auf die Eiablage zu erkennen waren (Abb. 40). Innerhalb einer durchgeführten Sensitivitätsanalyse konnte zudem kein Einfluss des positiven Effektes steigender Luftfeuchte im optimalen Temperaturbereich für das Gesamtmodell festgestellt werden. Die Luftfeuchte wird daher im EHS SIMKEF nicht berücksichtigt werden.

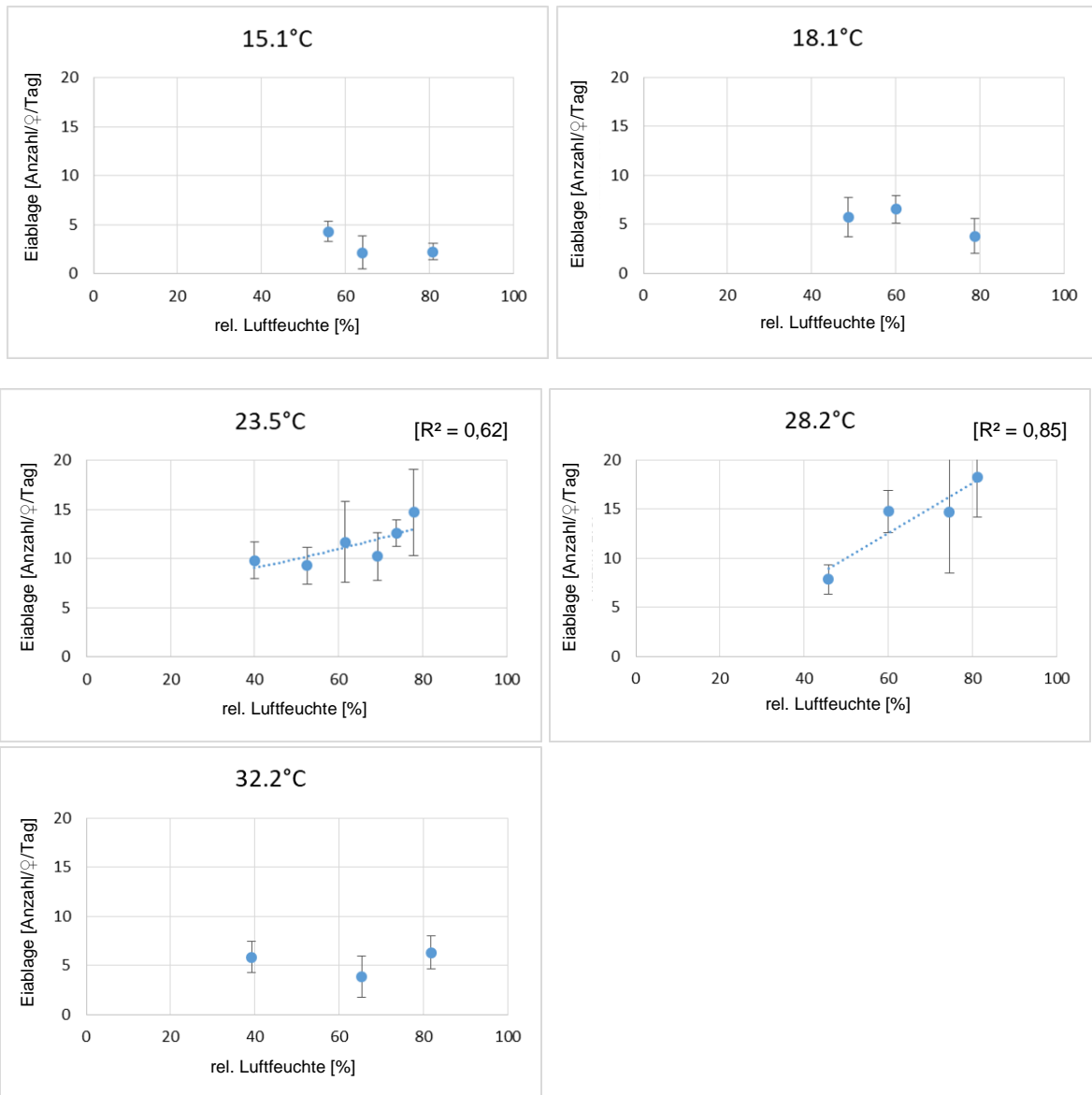


Abb. 40: Anzahl abgelegter Eier von *D. sukuzii* in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchte und fünf unterschiedlichen Konstant-Temperaturen

3.1.2.2 Mortalität von Ei, Larve, Puppe und Adult

Die Entwicklungsstadien Eier und Larven zeigten eine zunehmende Mortalitätsrate mit steigender Temperatur und länger werdender Dauer. Die Eier zeigten noch keine erhöhte Mortalität bei ca. 41,0 °C für eine Stunde, jedoch ab 35,8 °C für 2 Stunden (64 %). Eine stark erhöhte Mortalität trat ab 38,0 °C für 4 (95 %) Stunden auf. Bei z. B. 39,3 °C für 6 Stunden und 40,2 °C für 2 Stunden waren alle Eier abgestorben (Abb. 41).

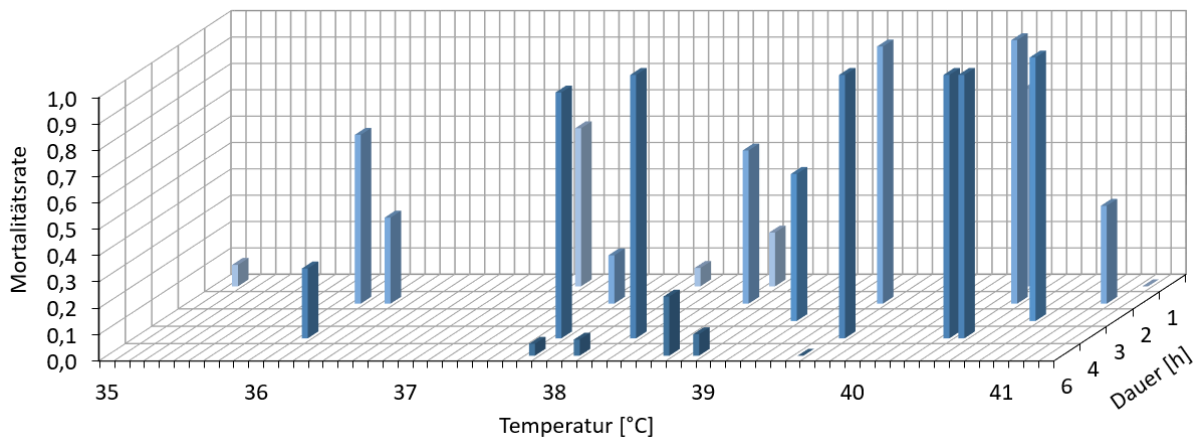


Abb. 41: Mortalitätsrate der Eier von *D. sukii* in Abhängigkeit von hohen Temperaturen und unterschiedlicher Dauer

Tendenziell waren die Larven sensibler gegenüber Hitze als die Eier. Die Larven zeigten noch keine erhöhte Mortalität bei 38,0 °C für 1 Stunde, jedoch ab 33,5 °C für 2 Stunden (42 %). Die Mortalitätsrate erhöhte sich ab 35,5 °C für 4 (95 %) Stunden stark. Bei 37,2 °C für 4 Stunden waren alle Larven tot (Abb. 42).

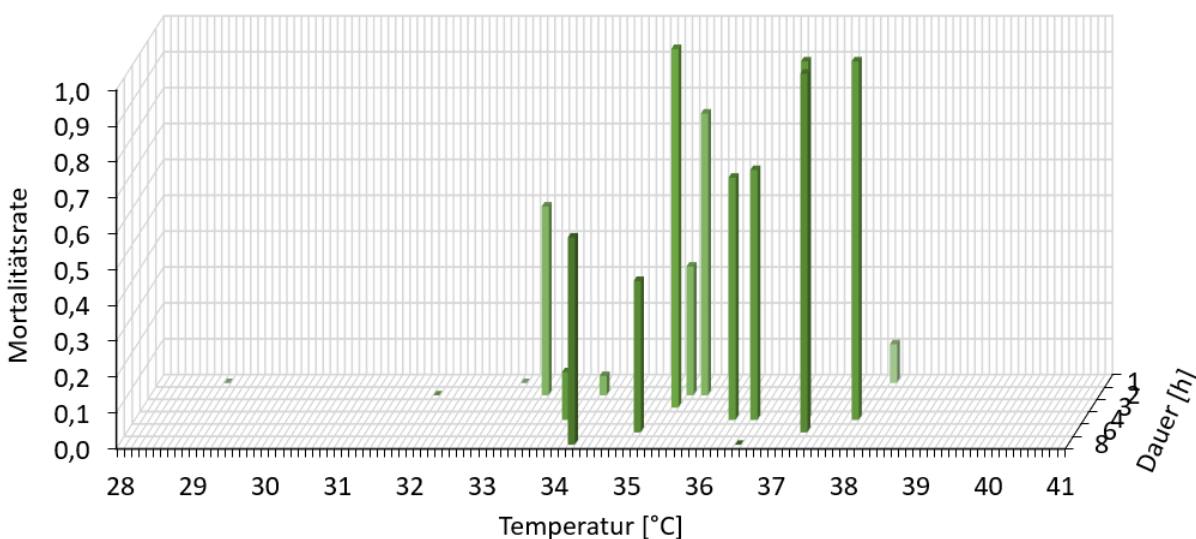


Abb. 42: Mortalitätsrate der Larven von *D. sukii* in Abhängigkeit von hohen Temperaturen und unterschiedlicher Dauer

Die Puppen wiesen weder einen signifikanten Einfluss durch die Temperatur, noch durch die Zeitdauer oder die Temperatursumme auf die Mortalitätsrate auf (Abb. 43). Deshalb war eine Modellierung der Mortalität von Puppen auch nach Durchführung mehrerer Versuchsreihen nicht möglich und wird im Modell daher nicht berücksichtigt werden.

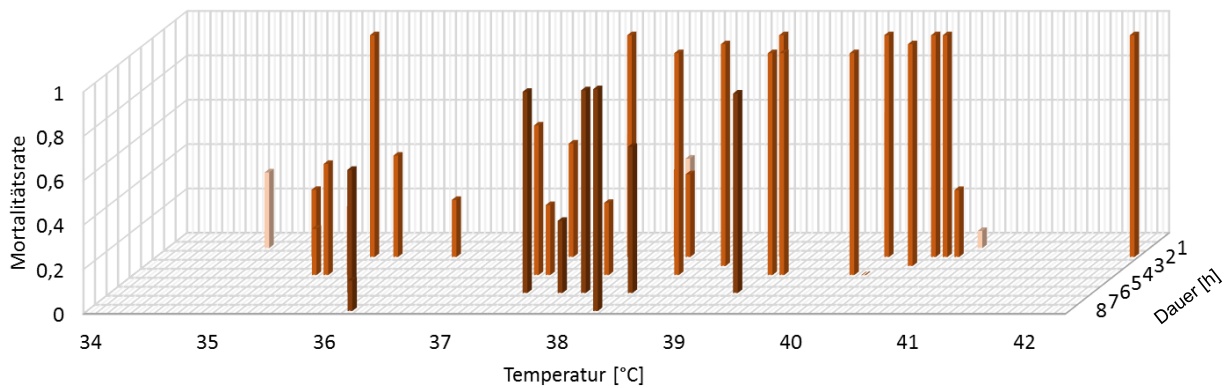


Abb. 43: Mortalitätsrate der Puppen von *D. sukuzii* in Abhängigkeit von hohen Temperaturen und unterschiedlicher Dauer

Die Ergebnisse der durchgeführten Versuche mit Wechseltemperaturen nahe dem Gefrierpunkt sind in Abb. 44 dargestellt. Im Vergleich zu den durchgeführten Versuchen mit konstanten negativen Temperaturen zeigte sich, dass die Mortalität bei Wechseltemperaturen mit identischen Minimalwerten niedriger ist. In Abb. 45 wird allerdings deutlich, dass es bei einer Versuchsdauer von 48 h zu keinen Unterschieden hinsichtlich der Mortalitätsrate bei Wechseltemperaturen im Vergleich zu konstanten Temperaturen der identischen Temperatursumme kam. Wurde der Versuch auf 96 h ausgedehnt, trat ein Unterschied in der Mortalität bei wintermorphen Tieren auf. Auch in Abb. 46 ist zu sehen, dass konstant niedrige Temperaturen zu einer höheren Mortalität als Wechseltemperaturen mit identischen Minimalwerten führten. Schlussfolgernd werden Wechseltemperaturen um den 0 °C-Punkt nicht, wie zunächst angenommen, als mortalitätsverstärkender Faktor, im Modell berücksichtigt.

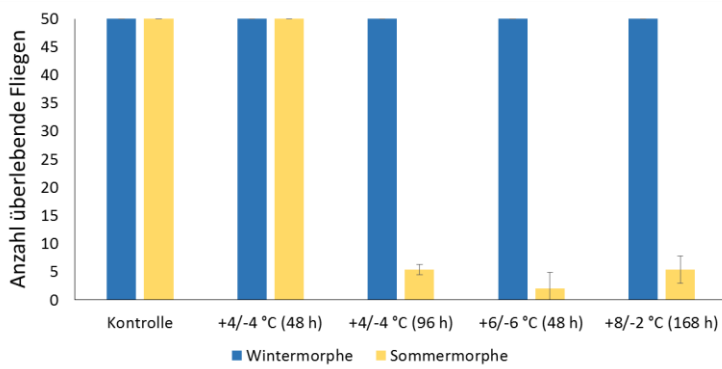


Abb. 44: Versuchsergebnisse der Mortalitätsversuche mit wintermorphen und sommermorphen Fliegen bei unterschiedlichen Wechseltemperaturen um den Gefrierpunkt

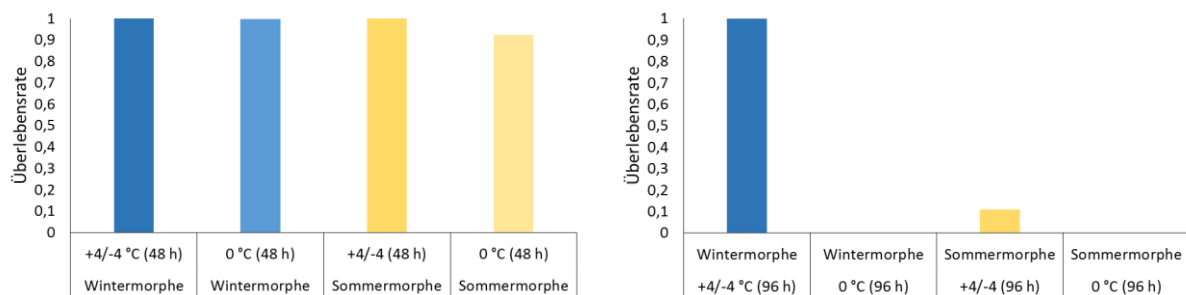


Abb. 45: Gegenüberstellung der Überlebensraten der Mortalitätsversuche mit Wechseltemperaturen zu den Versuchen gleicher Temperatursummen mit konstanten Temperaturen

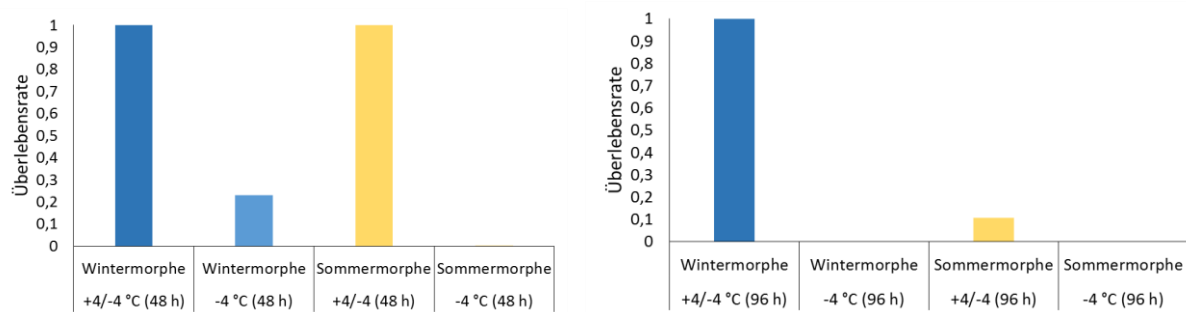


Abb. 46: Gegenüberstellung der Überlebensraten der Mortalitätsversuche mit Wechseltemperaturen zu den Versuchen gleicher Minimaltemperaturen mit konstanten Temperaturen

3.1.2.3 Attraktivitätsfaktor der Wirtspflanzen

Am DLR Rheinpfalz wurden Versuche zur Bestimmung eines Attraktivitätsfaktors durchgeführt. Diese umfassten No-Choice-Versuche mit den Wirtsfrüchten Erdbeere, Himbeere, Süß- und Sauerkirsche, Brombeere und Weinbeere. Es zeigte sich, dass in Beerenobst und Kirschen der Schlupf adulter Fliegen etwa 10 bis 12 Tage nach Versuchsstart begann und dann spätestens innerhalb einer Woche abgeschlossen war (Abb. 47). Im Vergleich dazu war die Entwicklung in den Weinbeeren verzögert. Die ersten adulten Fliegen schlüpften am Tag 17 nach Versuchsbeginn. Der Schlupf zog sich fast über zwei Wochen bis zum Tag 30 hin.

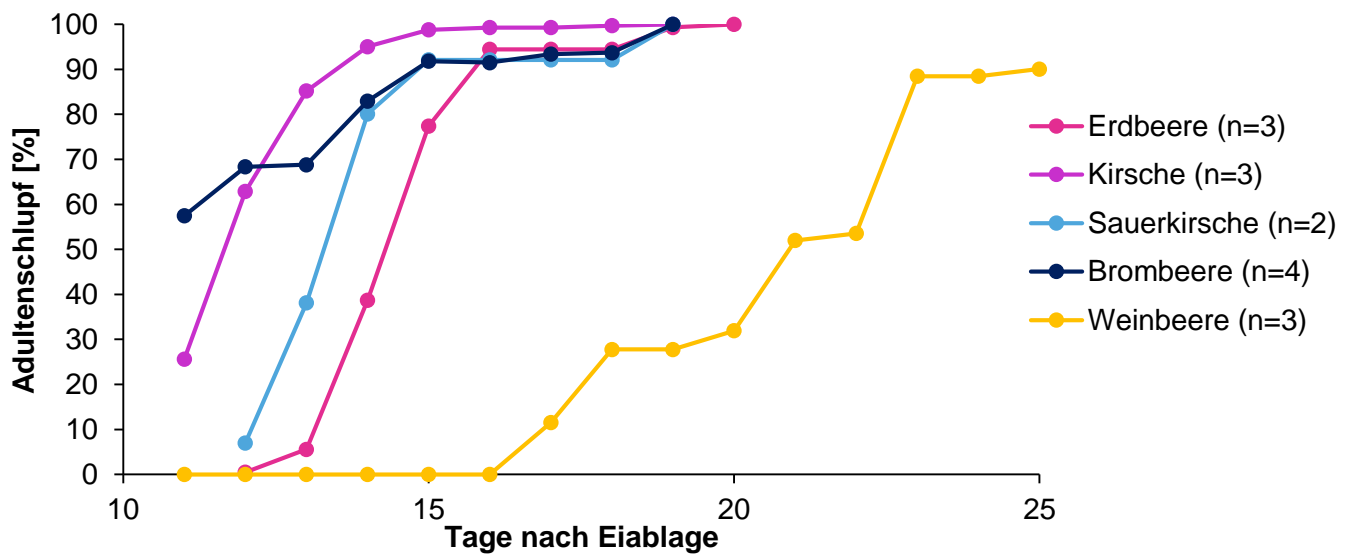


Abb. 47: Prozentualer Anteil der aus den untersuchten Wirtsfrüchten Erdbeere, Kirsche, Sauerkirsche, Brombeere und Weinbeere geschlüpften adulten Fliegen in Tagen nach Eiablage – Zusammenfassung der Ergebnisse aus 2016 und 2017 (n = Anzahl Versuchswiederholungen)

Die Bestimmung der Anzahl abgelegter Eier gestaltete sich trotz der Verkürzung des Zeitraums, in dem die Tiere Kontakt zu den Früchten hatten, und der Begrenzung der Fruchtoberfläche schwierig. Dies betraf insbesondere die Beerenfrüchte, deren Oberfläche nicht eben und teilweise mit Härchen versehen ist. Für diese Früchte ließ sich deshalb nicht, wie geplant, eine Schlupfrate berechnen. Die Versuche zeigten jedoch deren hohe Attraktivität für die Eiablage und eine gute Reproduktionseignung. Die Schlupfrate von Adulten aus Eiern, die in Kirschen abgelegt wurden, lag bei Süßkirschen bei 60 % und bei Sauerkirschen bei 71 %. In den ersten beiden Versuchen mit den Rebsorten ‚Regent‘ und ‚Dornfelder‘ entwickelten sich aus 3 % der abgelegten Eier adulte Fliegen, während im dritten Versuch mit der Sorte ‚Spätburgunder‘ kein Adultenschlupf zu verzeichnen war. Die Eiablage auf künstlichem Eiablagemedium in der Kontrolle war in fast allen Versuchen vergleichbar mit der Eiablage in den Fruchtvarianten. Eine Ausnahme bildeten jedoch die Versuche mit

Weinbeeren, in denen auf die Früchte tendenziell weniger Eier als auf das Medium gelegt wurden.

Zusätzlich zu den No-Choice-Versuchen wurden am DLR-Rheinpfalz Wahlversuche mit zeitgleich reifenden Wirtsfrüchten durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass Brom-, Him-, und Holunderbeeren (Wildform von *Sambucus nigra*) gegenüber Weinbeeren bei der Eiablage bevorzugt wurden (Abb. 48 und Abb. 50). Zwischen Herbsthimbeere und Brombeere gab es keine Unterschiede in der Eiablage bzw. dem Larvenschlupf (Abb. 49). Als im Versuch rote und weiße Weinbeeren zur Verfügung gestellt wurden, erfolgte ausschließlich in roten Beeren eine Eiablage. Zwischen den roten Sorten ‚Regent‘, ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘ gab es keine erkennbaren Präferenzen in der Eiablage (Abb. 51).

Damit ergaben sich sowohl in der Entwicklungsdauer, als auch in der Attraktivität für die Eiablage lediglich signifikante Unterschiede zwischen Weinbeeren und den attraktiveren Wirtsfrüchte Brombeere, Himbeere, Kirsche und Holunder.

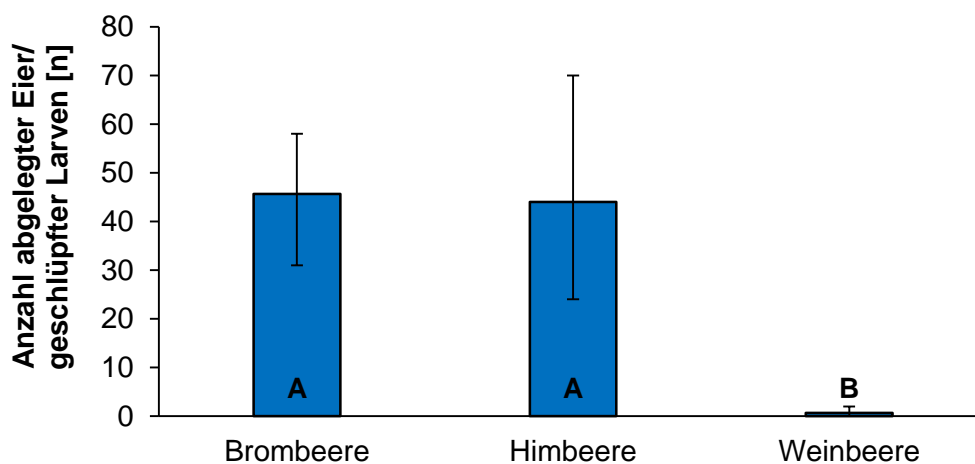


Abb. 48: Anzahl abgelegter Eier bzw. geschlüpfter Larven im Wahlversuch mit Brombeere (Sorte ‚Chester Thornless‘), Herbsthimbeere (Sorte: ‚Tulameen‘) und Weinbeere (Sorte ‚Acolon‘), Tukey-Test, $\alpha=0,05$

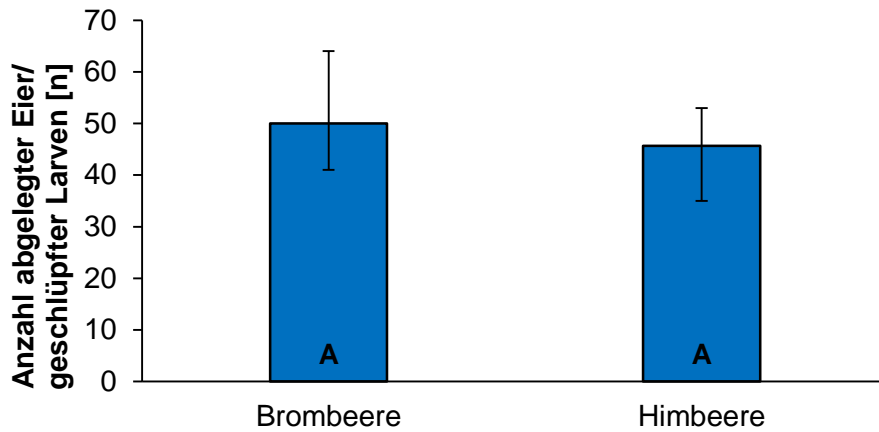


Abb. 49: Anzahl geschlüpfter Larven im Wahlversuch mit Brombeere (Sorte ‚Chester ‚Thornless‘) und Herbsthimbeere (Sorte: ‚Tulameen‘), t-Test, $\alpha=0,05$

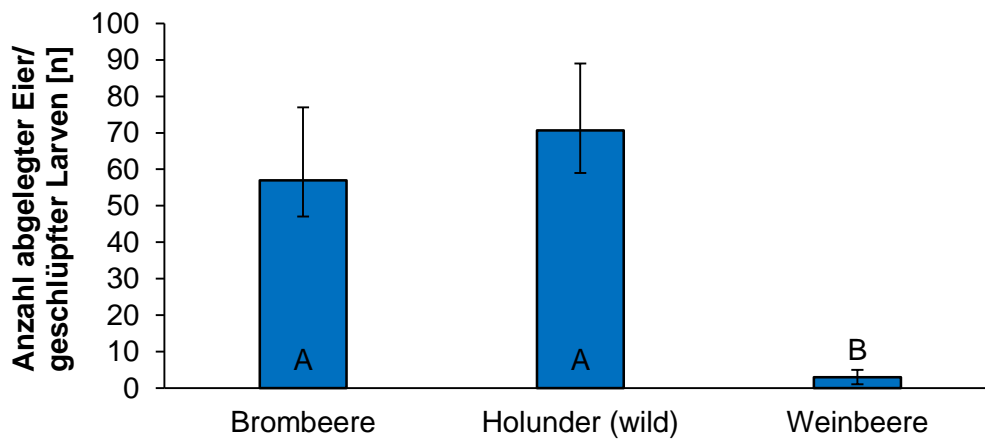


Abb. 50: Anzahl abgelegter Eier bzw. geschlüpfter Larven im Wahlversuch mit Brombeere (Sorte ‚Chester Thornless‘), Holunder und Weinbeere (Sorte ‚Regent‘), Tukey-Test, $\alpha=0,05$

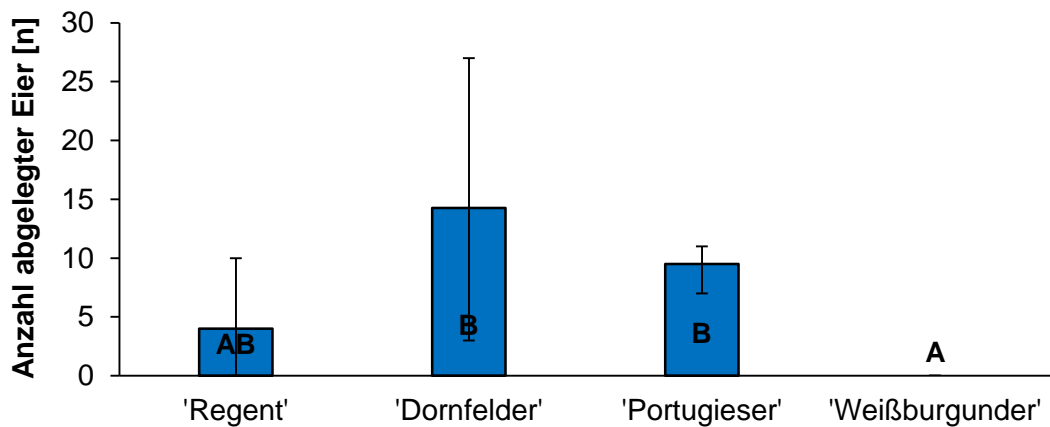


Abb. 51: Anzahl abgelegter Eier im Wahlversuch mit roten und weißen Rebsorten, Kruskal-Wallis-Test mit Conover-Iman, $\alpha=0,05$

3.1.3 Freilandversuche

3.1.3.1 Fruchttemperaturmessungen

Die gemessenen Innenfruchttemperaturen in den Kulturen Süß-, und Sauerkirsche, Him-, Brom-, und Weinbeeren waren signifikant höher als die an der Wetterstation gemessene Lufttemperatur. Die Tinytag-Messungen der Lufttemperatur waren ebenfalls signifikant höher als die Daten der Wetterstation. Im Vergleich zu den Sonnen-, und Schattenfrüchten gab es nur teilweise signifikante Unterschiede. In den Kulturen Süßkirsche und Himbeere war die Innentemperatur der Sonnenfrucht signifikant höher als in der Schattenfrucht (vgl. Abb. 52).

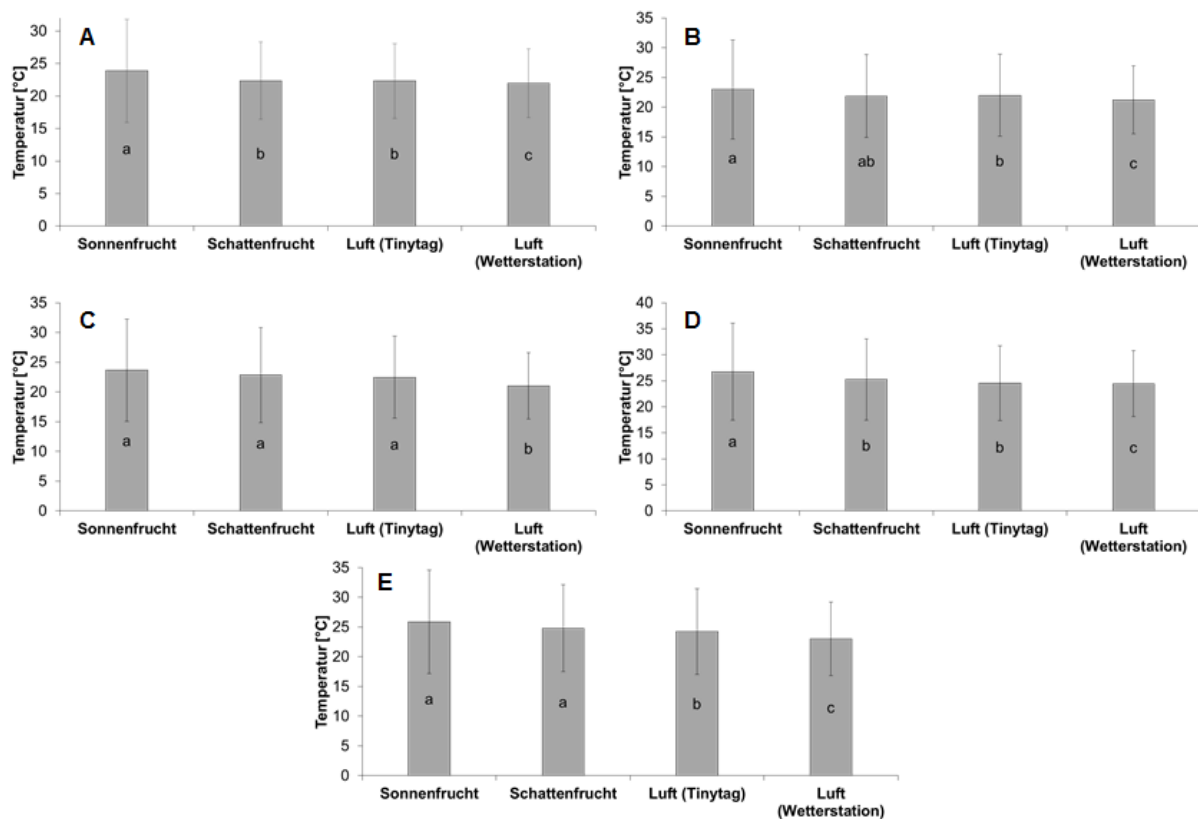


Abb. 52: Fruchttemperaturen [°C] in Sonnen- und Schattenfrüchten, Lufttemperaturen der Tinytags sowie der dazugehörigen Wetterstation stündlich gemessen; signifikante Unterschiede dargestellt durch Kleinbuchstaben; A: Süßkirschen (Friedman-Test, $\chi^2 = 61,621$, $df = 3$, $p < 0,05$; Nemenyi-Test = $p < 0,05$); B: Sauerkirschen (Friedman-Test, $\chi^2 = 136,23$, $df = 3$, $p < 0,05$; Nemenyi-Test = $p < 0,05$); C: Brombeeren (Friedman-Test, $\chi^2 = 116,39$, $df = 3$, $p < 0,05$; Nemenyi-Test = $p < 0,05$); D: Himbeeren (Friedman-Test, $\chi^2 = 69,158$, $df = 3$, $p < 0,05$; Nemenyi-Test = $p < 0,05$); E: Weinbeeren: (Friedman-Test, $\chi^2 = 344,62$, $df = 3$, $p < 0,05$; Nemenyi-Test = $p < 0,05$), 2018-2020.

Die gemessenen Höchsttemperaturen in sonnig exponierten Früchten reichten von 43,8 °C in Sauerkirschen bis zu über 50 °C in Brom- und Weinbeeren. In Schattenfrüchten lag die Temperaturspanne zwischen 42,2 °C in Himbeeren und bis zu maximal 47 °C in Weinbeeren. Die maximal aufgenommene Temperaturdifferenz zwischen zwei Früchten einer Messung lag bei 15,8 °C, die zwischen Sonnenfrucht und Wetterstation bei 19,6 °C und zwischen Schattenfrucht und Wetterstation bei maximal 17,6 °C (vgl. Tab. 12).

Tab. 12: Maximal gemessene Temperaturen im Fruchtfleisch von sonnen- und schattenexponierten Früchten, maximale Temperaturdifferenz zw. Früchten bzw. zw. Sonnen- und Schattenfrucht zur nächstgelegenen Wetterstation unterschiedlicher Kulturen, Einheit in °C

Kultur	BBCH	Tmax Sonnen- frucht	Tmax Schatten- frucht	DIFFmax Früchte	DIFFmax Sonnen- frucht-WS	DIFFmax Schatten- frucht-WS
Süßkirsche	85	47,1	42,7	15,1	16,6	8,3
Sauerkirsche	81	43,8	44,5	9,7	12,1	9,6
Himbeere	81	49,1	42,2	9,8	14,8	10,6
Brombeere	89	50,4	44,5	14,1	17,3	17,4
Weinreben	83/85	50	47	15,8	19,6	17,6

Anhand des Beispiels Süßkirsche zeigt die Abb. 53 die maximale Dauer [h] in der eine bestimmte Fruchttinnentemperatur über 30 °C gemessen werden konnte. Im Temperaturbereich von 30 bis 35 °C konnten die Werte in Sonnen-, sowie Schattenfrüchten maximal zwischen 7 bis 11 h gemessen werden. Im Bereich von 36 bis 42 °C war in Sonnenfrüchten eine Dauer von 5 bis 8 h und in schattig exponierten Früchten zwischen 2 bis 6 h möglich. Bis zur Maximaltemperatur bis 47 °C konnten die extremsten Temperaturen zwischen 1 bis 5 h am Stück gehalten werden.

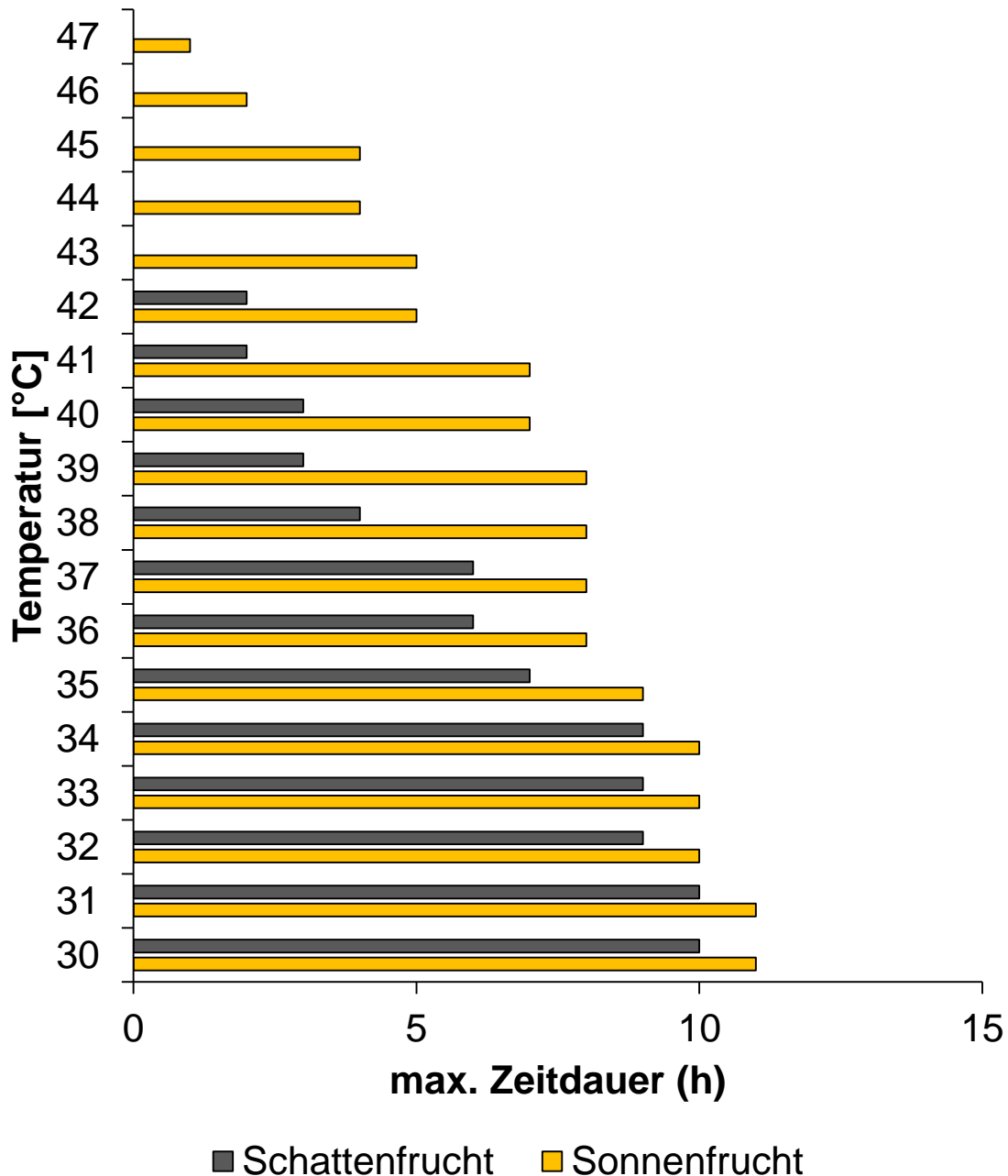


Abb. 53: Maximale Dauer, in der die Fruchttinnentemperatur überschritten wurde (Beispiel Süßkirsche), 2018-2020

Die Abb. 54 zeigt beispielhaft für die Kulturen Süßkirschen und Himbeeren die Ergebnisse der berechneten linearen Regressionen. Die gemessenen Innentemperaturen von Sonnen- und Schattenfrüchten korrelierten signifikant positiv mit den Lufttemperaturen der Wetterstationen. Am deutlichsten zeigte sich dieser positive Zusammenhang bei Werten von Tag und Nacht. Die Globalstrahlung hatte nach wie vor keinen bedeutenden Einfluss, auch nicht in Interaktion mit der Lufttemperatur. In allen Kulturen konnte ca. 80 % der Varianz durch das jeweilige

lineare Modell erklärt werden. Eine Übersicht der Modellparameter aller Kulturen zeigt Tab. 13.

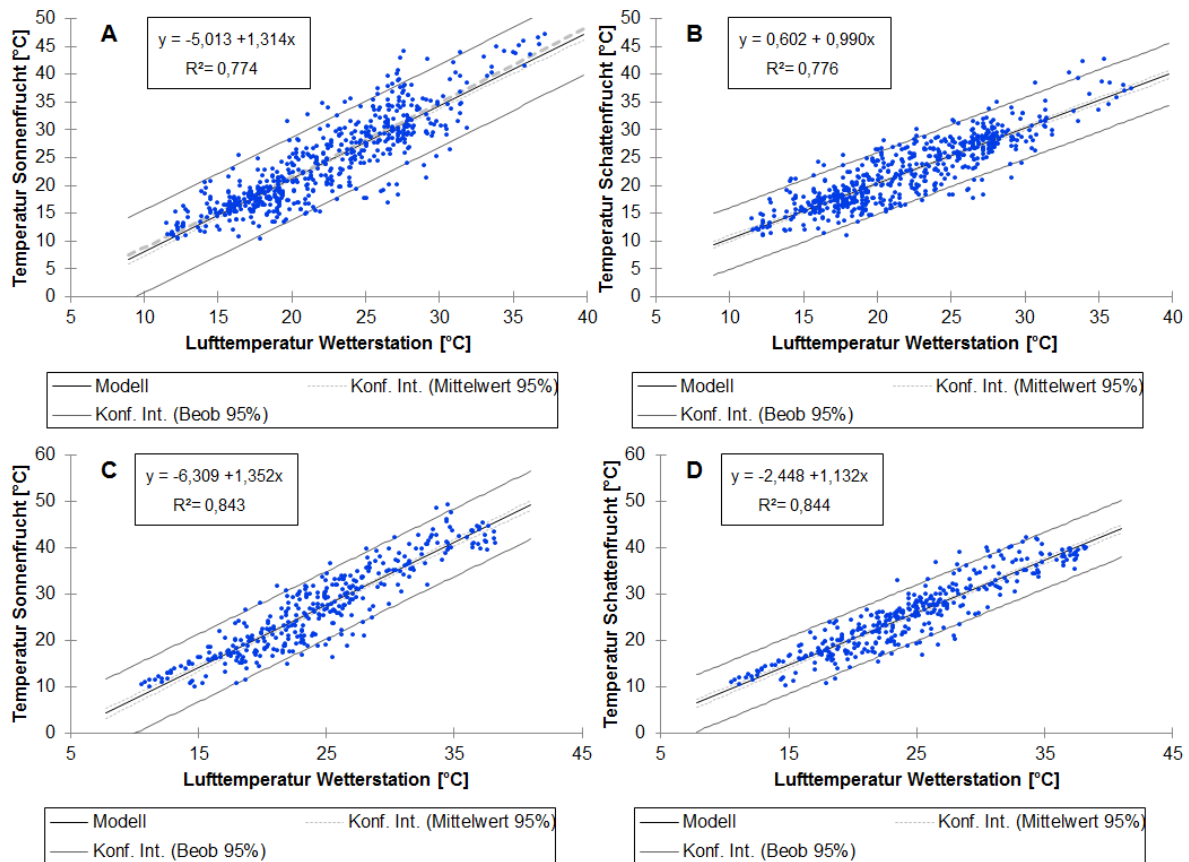


Abb. 54: Linearer Zusammenhang zwischen innerer Fruchttemperatur und der Lufttemperatur (Wetterstation); A: Sonnenfrucht Süßkirsche, B: Schattenfrucht Süßkirsche, C: Sonnenfrucht Himbeere, D: Schattenfrucht Himbeere; Jahre 2018-2020

Tab. 13: Ergebnisse der linearen Regressionen von Sonnen- bzw. Schattenfrucht mit Lufttemperatur (Wetterstation) je Kultur; alle Messdaten der Jahre 2018 bis 2020

Kultur	Messung	Variable	Regressions-						95 %-Konfidenzintervall		R ²
			koeffizient	SE	Beta	T	p	Untergrenze	Obergrenze		
Süßkirsche	Sonnenfrucht	y-Achsenabschnitt	-5,013	0,654	-	-7,664	< 0,0001	-6,297	-3,728	0,774	
		Temperatur Wetterstation	1,314	0,029	0,88	45,426	< 0,0001	1,257	1,37		
Süßkirsche	Schattenfrucht	y-Achsenabschnitt	0,602	0,49	-	1,229	0,22	-0,36	1,563	0,776	
		Temperatur Wetterstation	0,99	0,022	0,88	45,741	< 0,0001	0,947	1,032		
Sauerkirsche	Sonnenfrucht	y-Achsenabschnitt	-4,903	0,452	-	-10,847	< 0,0001	-5,79	-4,016	0,819	
		Temperatur Wetterstation	1,314	0,021	0,905	63,946	< 0,0001	1,273	1,354		
Sauerkirsche	Schattenfrucht	y-Achsenabschnitt	-1,268	0,397	-	-3,196	0,001	-2,047	-0,489	0,807	
		Temperatur Wetterstation	1,092	0,018	0,9	60,46	< 0,0001	1,057	1,128		
Brombeere	Sonnenfrucht	y-Achsenabschnitt	-5,894	0,81	-	-7,277	< 0,0001	-7,488	-4,3	0,826	
		Temperatur Wetterstation	1,405	0,037	0,909	37,766	< 0,0001	1,332	1,479		
Brombeere	Schattenfrucht	y-Achsenabschnitt	-3,798	0,839	-	-4,525	< 0,0001	-5,45	-2,146	0,782	
		Temperatur Wetterstation	1,266	0,039	0,884	32,829	< 0,0001	1,19	1,342		
Himbeere	Sonnenfrucht	y-Achsenabschnitt	-6,309	0,783	-	-8,062	< 0,0001	-7,848	-4,77	0,842	
		Temperatur Wetterstation	1,352	0,031	0,918	43,675	< 0,0001	1,291	1,413		
Himbeere	Schattenfrucht	y-Achsenabschnitt	-2,448	0,651	-	-3,758	0,0002	-3,729	-1,167	0,844	
		Temperatur Wetterstation	1,132	0,026	0,919	43,939	< 0,0001	1,082	1,183		
Wein	Sonnenfrucht	y-Achsenabschnitt	-2,259	0,603	-	-3,744	< 0,0001	-3,443	-1,075	0,75	
		Temperatur Wetterstation	1,223	0,025	0,866	48,276	< 0,0001	1,173	1,272		
Wein	Schattenfrucht	y-Achsenabschnitt	1,31	0,522	-	2,511	0,012	0,286	2,335	0,737	
		Temperatur Wetterstation	1,021	0,022	0,859	46,609	< 0,0001	0,978	1,064		

3.1.3.2 Kameraversuch

Die Versuche zur tagesperiodischen Aktivität von *D. sukii* konnten innerhalb des Projektzeitraumes nicht final ausgewertet werden. Grund dafür sind technische Schwierigkeiten der Kameraaufnahmen. Der in Kapitel 2.4.2 beschriebene Schritt der Bildzusammenführung aus 4 Fotos durch die Firma Trapview wurde fehlerhaft ausgeführt. Es kam zu einer starken Überlappung der Einzelfotos und einer damit einhergehenden falschen Aktivitätsmessung. Seit einigen Wochen findet eine Reprozessierung, d. h. Wiederaufbereitung der insgesamt über 120.000 Bilder, durch Trapview statt. Da dies einen enormen und langwierigen Berechnungsprozess erfordert, konnten die erforderlichen Bilder bis zum Ende des Verbundprojektes SIMKEF den Mitarbeiter*innen nicht zur Verfügung gestellt werden.

3.1.4 Modellierung

3.1.4.1 Modellierung, Parametrisierung und Validierung des Moduls „Risikopotential“

Die Parametrisierung der Modellvariablen des Moduls „Risikopotential“ des EHS fand wie unter 2.5.2 erläutert mittels multipler binärer logistischer Regression statt. Eine Vielzahl an Kombinationen der unter Kapitel 2.5.2 aufgeführten erklärenden Variablen wurde gegeneinander ausgewertet. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse aufgeführt.

Wird das Auftreten im Mai im Verhältnis zur Populationsgröße vor dem Winter betrachtet, wirkte sich die „Länge der Kälteperiode“ (d. h. längste zusammenhängende Periode, in der die Temperatur nicht über 8 °C anstieg) sowie die „Länge der Frostperiode“ (d. h. längste zusammenhängende Periode, in der das Minimum der Tagestemperatur unter 0 °C lag) negativ auf die Anzahl der gefangenen Tiere im Mai aus. Zusätzlich gab es einen negativen Einfluss des Parameters „Anteil Wald“ (wird im Folgenden noch genauer erläutert). Keinen statistisch signifikanten Einfluss zeigten die Parameter „Anteil Obst- und Weinflächen“ sowie „Anteil Gehölze“ (Abb. 55). Die der multiplen binären logistischen Regression zugehörige ROC-Kurve weist einen AUC-Werte (Fläche unter der Kurve) von 0,813 auf. Damit wird die abhängige Variable sehr gut durch die erklärenden Variablen beschrieben (AUC-Wert von 1 entspricht dem perfekten Modell; AUC-Wert von 0,5 entspricht dem zufälligen Modell).

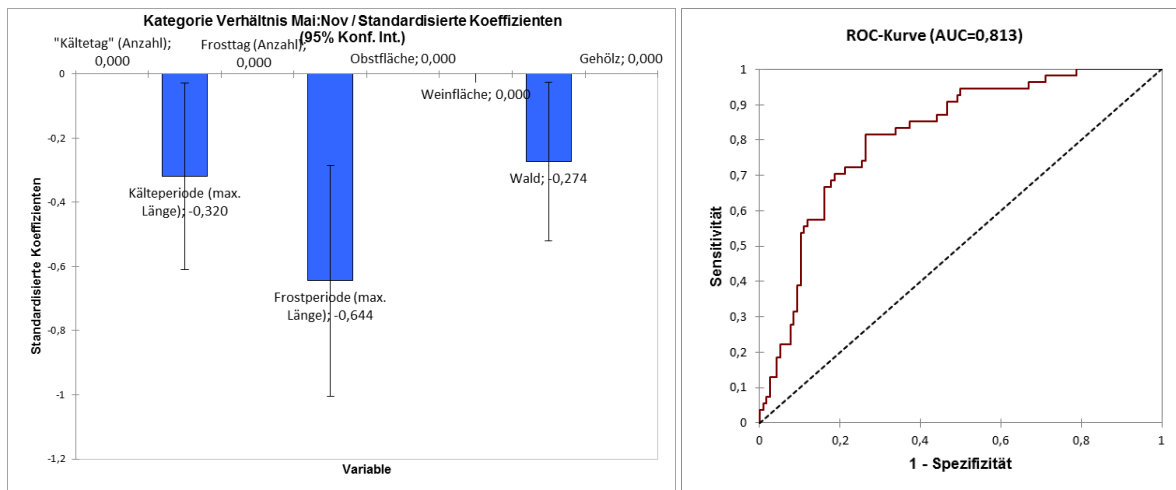


Abb. 55: Standardisierte Koeffizienten der multiplen binären logistischen Regression (Modellauswahl: Stepwise rückwärts) für die abhängige Variable Adultenaufreten im Mai im Verhältnis zu November des Vorjahrs (links); der multiplen binären logistischen Regression zugehörige ROC-Kurve (rechts)

Wie unter 2.5.2 erläutert, wurde der Datensatz vor der statistischen Auswertung für eine erste unabhängige Validierung zufällig geteilt. Während sich der Witterungseinfluss robust in allen durchgeführten Regressionen widerspiegelte, zeigte sich der negative Einfluss des Parameters „Anteil Wald“ nur in einigen Datensätzen (abhängig von der zufälligen Teilung des Gesamtdatensatzes, Abb. 56).

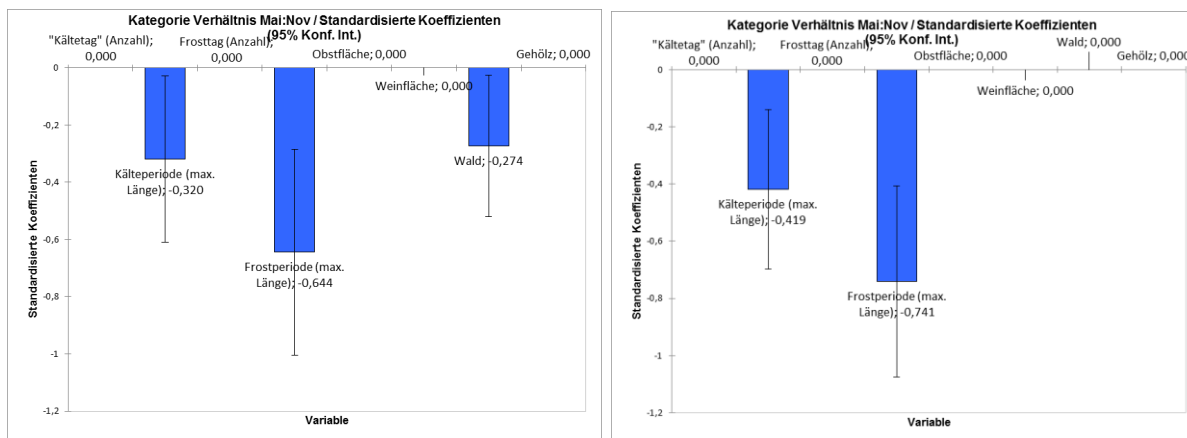


Abb. 56: Beispiele der standardisierten Koeffizienten der multiplen binären logistischen Regression (Modellauswahl: Stepwise rückwärts) für die abhängige Variable Adultenaufreten im Mai im Verhältnis zu November des Vorjahrs je nach zufälliger Teilung des Datensatzes vor der statistischen Analyse

Die Beziehung der einzelnen Einflussfaktoren zu der abhängigen Variablen wurde daher noch mittels Korrespondenzanalyse visuell betrachtet. Hierfür wurden die Werte der auszuwertenden Einflussfaktoren nominal skaliert (Tab. 14 und Tab. 15). Diese Skalierung geschah anhand der Quartile und Mittelwerte der deskriptiven statistischen Auswertung der

jeweiligen Variablen. Nach demselben Prinzip wurde bei der abhängigen Variablen vorgegangen (Tab. 16).

Tab. 14: Tabelle der nominalen Skalierung des Einflussfaktors „max. Länge der Kälteperiode“ in Tagen

Kategorie Kälteperiode	max. Länge Kälteperiode (Tage)
1	≤ 14
2	14 - ≤ 24
3	24 - ≤ 34
4	> 34

Tab. 15: Tabelle der nominalen Skalierung des Einflussfaktors „Anteil Wald“ in km²

Kategorie Wald	Anteil Wald in km²
1	≤ 0,22
2	0,22 - ≤ 0,95
3	0,95 - ≤ 1,7
4	> 1,7

Tab. 16: Tabelle der nominalen Skalierung der abhängigen Variablen Verhältnis der Fangzahlen Mai:Nov

Kategorie Verhältnis Mai:Nov	Verhältnis der Fangzahlen Mai:Nov
0	0
1	> 0-0,053
2	> 0,053

Die Ergebnisse sind in Abb. 57 graphisch dargestellt und lassen folgende Interpretation zu:

- je weiter eine Beobachtung vom Ursprung des Koordinatensystems entfernt liegt, desto stärker unterscheidet sie sich vom Durchschnitt;
- je näher zwei Beobachtungen zueinander liegen, desto ähnlicher sind sie sich.

Das bedeutet, „Kälteperioden hoher Kategorie“ liegen nahe zu „Kategorien keiner Fangzahlen“ und „Kälteperioden niedriger Kategorie“ liegen nahe zu „Kategorien hoher Fangzahlen“. Sie bedingen sich also. Dieses Ergebnis war auch aus den Resultaten der logistischen Regression zu erwarten. Wird allerdings das rechte Diagramm zum Einflussfaktor „Anteil Wald“ betrachtet, fällt auf, dass alle Faktoren in ihrer Lage zueinander gleichmäßig verteilt sind. Es kann also keine enge Lagebeziehung einzelner Faktoren und damit keine Ähnlichkeit dargestellt werden. Damit zeigte sich keine Erklärbarkeit der Kategorie „Verhältnis Fangzahlen Mai:Nov“ in Abhängigkeit vom Faktor „Anteil Wald“.

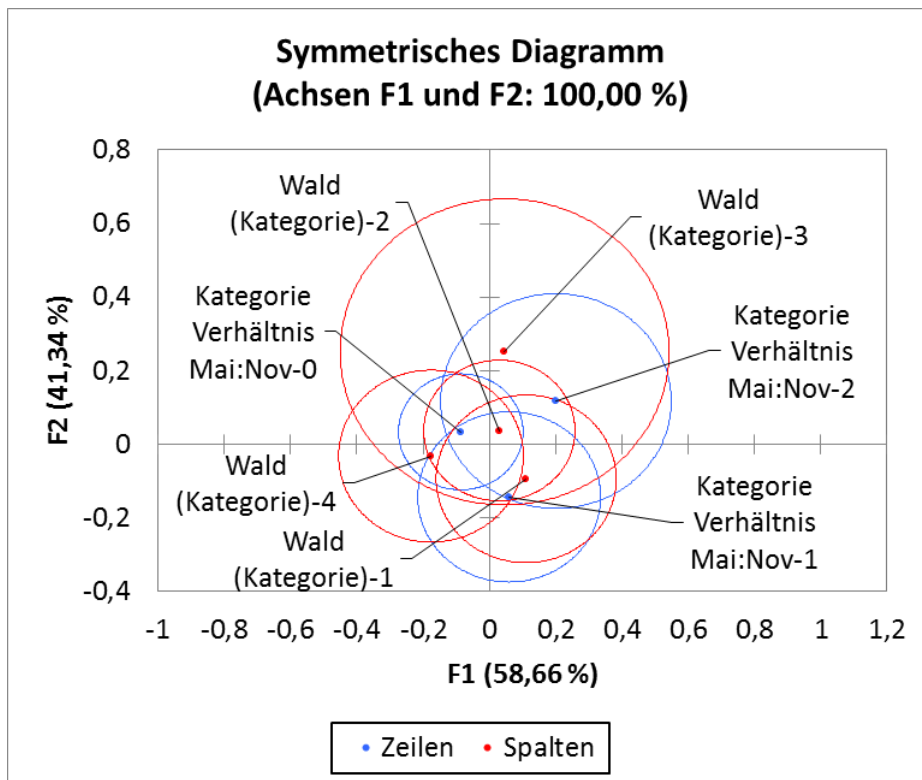
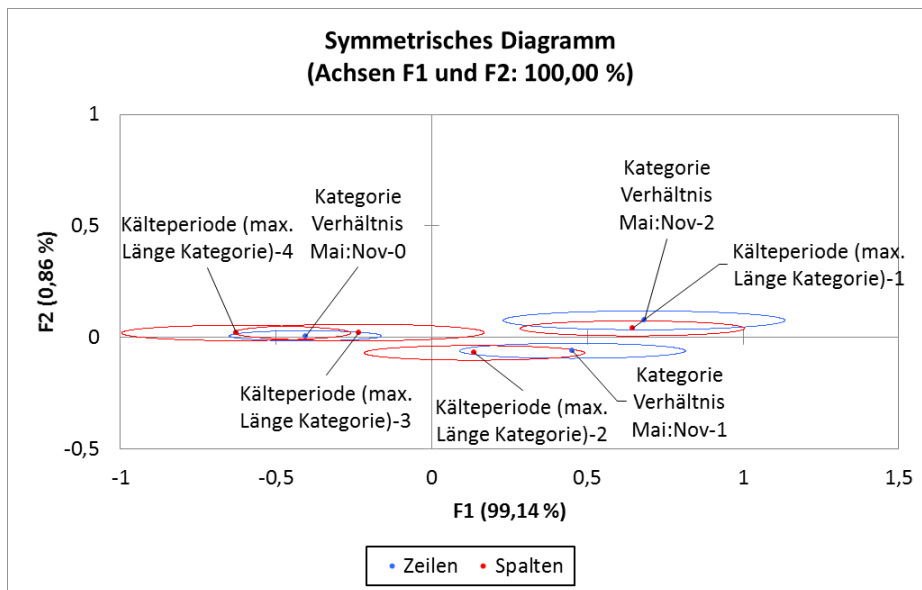


Abb. 57: Korrespondenzanalyse der Einflussfaktoren „Kälteperiode“ (oben) und „Wald“ (unten) in Zusammenhang mit den Kategorien „Fangzahlen Verhältnis Mai:Nov“

Somit lässt sich schlussfolgern, dass lange Perioden mit Temperaturen unter 8 °C bzw. mit Tagesminimumtemperaturen unter 0 °C zu einem geringeren Auftreten an adulten Tieren im Frühjahr (berechnet für Monat Mai) führen. Die ausgewerteten Parameter zum Habitat zeigen hingegen nur tendenzielle statistische Einflüsse. Dies kann in der Anlage der erhobenen Monitoringdaten oder auch in der Datenstruktur der ATKIS-Daten zugrunde liegen. Letztere lassen die Annahme zu, dass sie nicht detailliert genug sind, um Rückschlüsse zu erlauben.

In den letzten 5 Projektjahren konnte festgestellt werden, dass z. B. auch die Struktur der Hecke (Artenzusammensetzung wilder Wirtsfrüchte, Reifung der wilden Wirtsfrüchte, etc.) von entscheidender Bedeutung war. Des Weiteren spielten Anbaufaktoren beim Auftreten der Kirschessigfliege eine wichtige Rolle (SANTOIEEMMA et al., 2020). Zum Beispiel können Faktoren wie Unterwuchs der Anlage überlagernd wirken. Aus der Literatur sind ähnliche Ergebnisse bekannt. Während einige Studien einen Einfluss des umliegenden Habitats aufzeigen konnten (z. B. KENIS et al., 2016; KLICK et al., 2015; PELTON et al., 2016; SANTOIEEMMA et al., 2019), geben andere Studien keinen entscheidenden Einfluss des umliegenden Habitats an (SANTOIEEMMA et al., 2020). Aufgrund der eigenen o. g. Auswertungen und den ebenfalls in der Literatur verschiedenartig diskutierten Ergebnisse, wird das Habitat in der praktischen Anwendung von SIMKEF vorerst nicht einfließen.

Werden die Ergebnisse der Auswertung für das Fangverhältnis Juni zu November betrachtet, ergab sich ein ähnliches Bild. Der negative signifikante Einfluss der Frostperiode blieb robust bestehen, allerdings ließ sich der negative signifikante Einfluss der Kälteperiode nicht in allen durchgeführten Regressionen beobachten (Abb. 58). Dies war ebenfalls erneut für den Parameter „Anteil Wald“ zu beobachten. Obstflächen und Gehölze zeigten keinen signifikanten Einfluss auf die abhängige Variable.

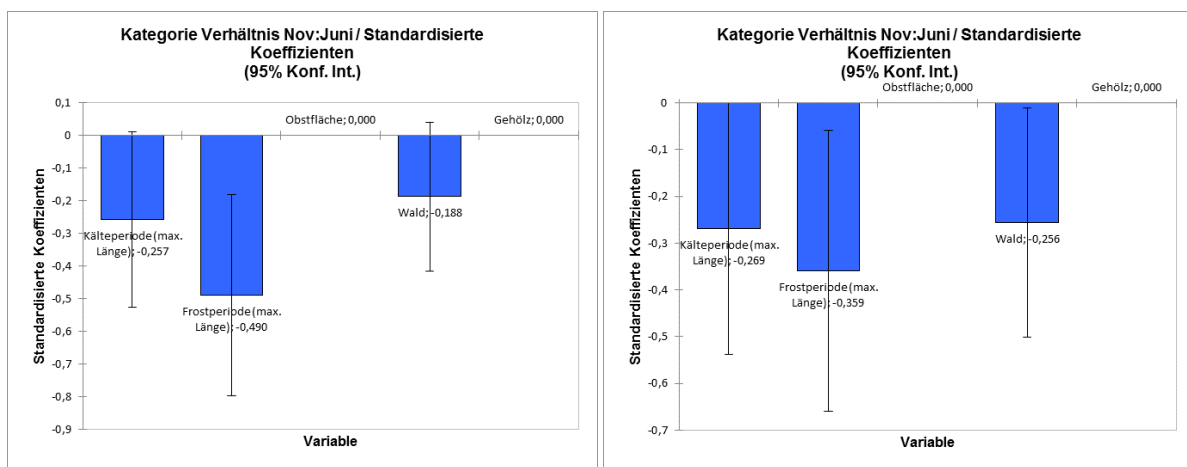


Abb. 58: Standardisierte Koeffizienten der multiplen binären logistischen Regressionen (Modellauswahl: Stepwise rückwärts) für die abhängige Variable Adultenaufreten im Juni im Verhältnis zu November des Vorjahrs; zwei Beispiele je nach zufälliger Teilung des Datensatzes für die Modellierung und Validierung

Im weiteren Verlauf wurde die Auswertung für das Fangverhältnis Juli zu November durchgeführt (Abb. 59). Der signifikant negative Einfluss der „Länge der Kälteperiode“ bzw. der „Länge der Frostperiode“ zeigte sich erneut. Damit kann von einer langen Auswirkung der Witterung im Winter im Saisonverlauf ausgegangen werden. Alle anderen ausgewerteten erklärenden Variablen zeigten keinen signifikanten Einfluss (Abb. 59).

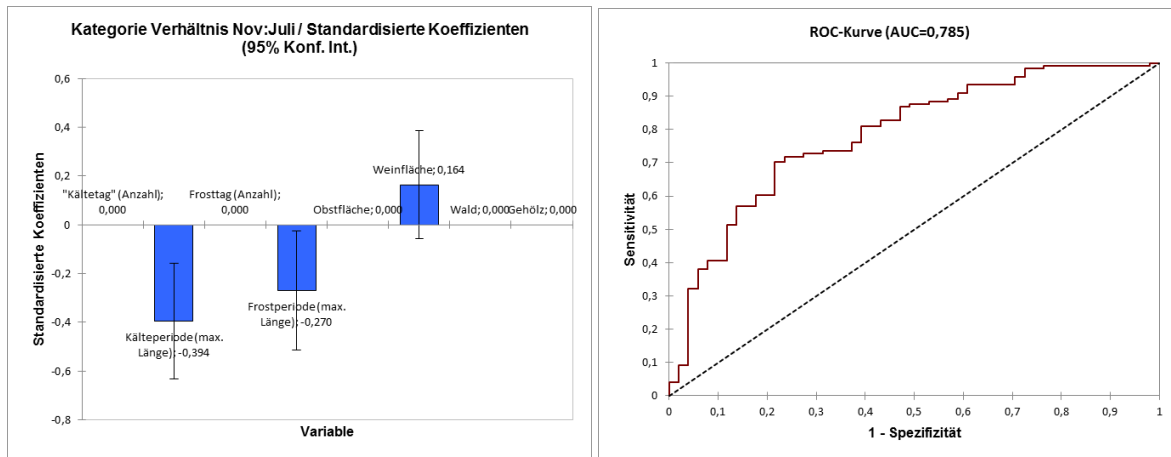


Abb. 59: Standardisierte Koeffizienten der multiplen binären logistischen Regression (Modellauswahl: Stepwise rückwärts) für die abhängige Variable Adultenaufreten im Juli im Verhältnis zu November des Vorjahrs (links); der multiplen binären logistischen Regression zugehörige ROC-Kurve (rechts)

Die visuelle Darstellung des Zusammenhangs wurde erneut mittels Korrespondenzanalysen vorgenommen (Abb. 60). Erneut wurde sichtbar, dass „Kälteperioden hoher Kategorie“ in der Nähe zu „Kategorien keiner Fangzahlen“ und „Kälteperioden niedriger Kategorie“ in der Nähe zu „Kategorien hoher Fangzahlen“ lagen, sie bedingten sich also. Wird das rechte Diagramm zum Einflussfaktor „Anteil Wald“ betrachtet, fällt auf, dass die höchste und die niedrigste Kategorie des Faktors „Anteil Wald“ in ähnlicher Lagebeziehung zur Kategorie 1 des Fangverhältnisses Juli:Nov liegen. Es konnte somit kein linearer Einfluss der Kategorie „Anteil Wald“ aufgezeigt werden.

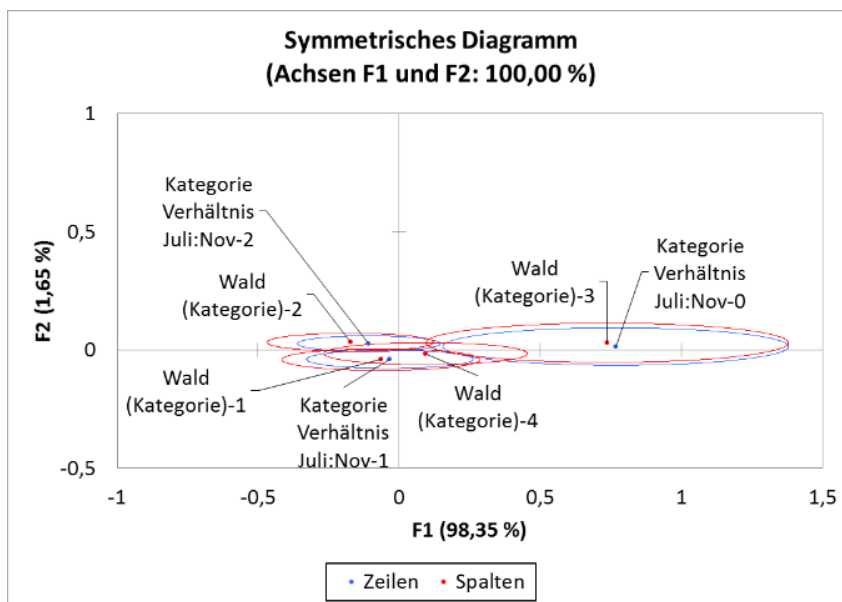
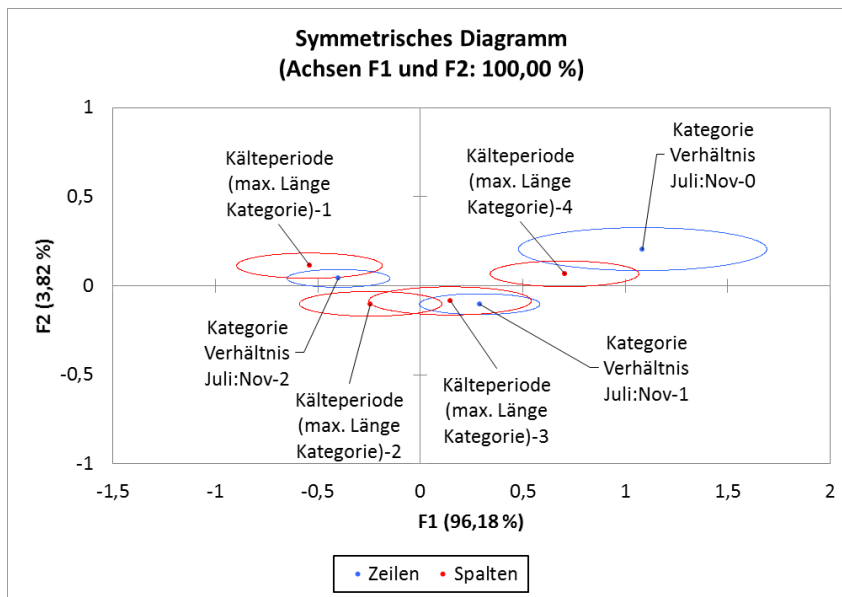


Abb. 60: Korrespondenzanalyse der Einflussfaktoren „Kälteperiode“ (oben) und „Wald“ (unten) in Zusammenhang mit den Kategorien „Fangzahlen Verhältnis Juli:Nov“

Zusammenfassend lässt sich sagen:

- Bei den aktuellen Auswertungen zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Witterungsparameter „Längste zusammenhängende Kälteperiode“ und „Längste zusammenhängende Frostperiode“ auf die Fangzahlen im Laufe der Saison (Mai-Juli) relativiert an den Vorjahresfangzahlen.
- Lange Kälteperioden/Frostperioden im Winter wirkten sich lange auf die Populationsdynamik im Frühjahr und Sommer aus.

- Die anderen untersuchten Einflussfaktoren zeigten keine kontinuierliche statistische Signifikanz und sind daher nicht robust genug, um sinnvoll in das EHS integriert zu werden.
- Die Ergebnisse der Analyse finden im Hinblick auf die Berechnung der temperaturabhängigen Mortalität der adulten Tiere zu Saisonbeginn Beachtung in dem EHS SIMKEF.

3.1.4.2 Modellierung der Populationsdynamik von *D. sukuzii*

Die in Kapitel 3.1.2.1 dargestellten Versuchsergebnisse zur Temperaturabhängigkeit verschiedener Entwicklungsparameter der KEF wurden mittels der Brière-Funktion

$$f = p1 * x * (x - Tmin) * (Tmax - x)^{(1/m)}$$

mit einer hohen Modellgüte modelliert.

Zur Modellierung der Temperaturabhängigkeit der Eiablage wurden die absoluten Eiablagewerte anhand der Brière-Funktion mathematisch erfasst. Mittels des errechneten Temperaturoptimums (T_{opt}) und der maximalen Anzahl Eier (Y_{max}) bei T_{opt} , wurden sowohl die Funktion als auch die Daten relativiert. Es ergab sich die abgebildete Modellfunktion (Abb. 61) mit einer hohen Modellgüte von $R^2_{korr} = 0,96$. Die errechnete T_{opt} für die Eiablage der KEF liegt bei 26,7 °C, die errechnete Minimaltemperatur (T_{min}) bei 13,2 °C ($p < 0,05$) und die errechnete Maximaltemperatur (T_{max}) bei 33,6 °C ($p < 0,05$). Bei T_{opt} beträgt Y_{max} 8,3 Eier.

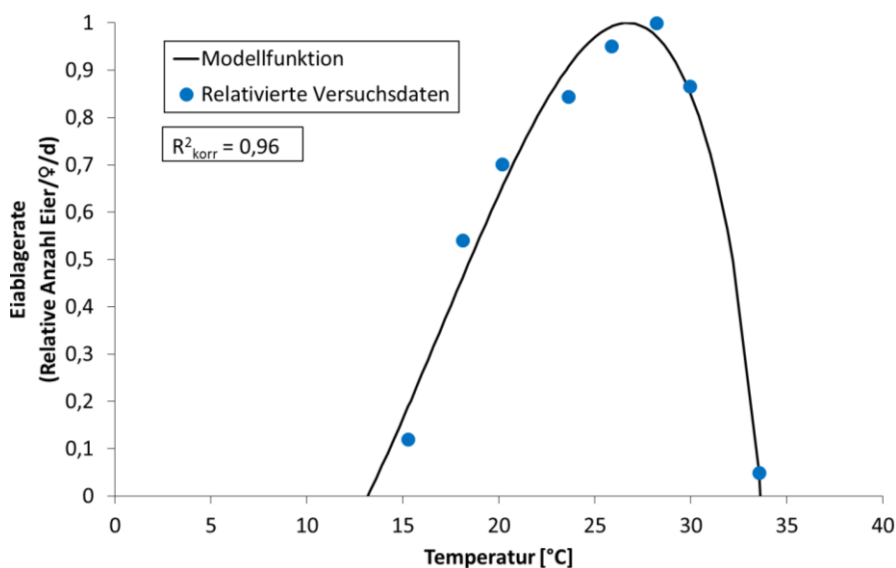


Abb. 61: Modellfunktion zur Eiablage von *D. sukuzii* in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Überlebensrate während der Entwicklung vom Ei bis zur adulten Fliege lag bereits in relativen Werten vor, welche ebenfalls mittels der Brière-Funktion modelliert wurden. Es ergab sich die folgende Modellfunktion (Abb. 62) mit einer hohen Modellgüte von $R^2_{\text{korr}} = 0,98$. Die errechnete T_{opt} für die Überlebensrate während der Entwicklung der KEF lag bei 22,8 °C und die errechnete T_{max} bei 29,7 °C ($p < 0,05$). T_{min} wurde festgesetzt, wobei der gleiche Wert wie bei der Eiablage angenommen wurde ($T_{\text{min}} = 13,2$ °C). Bei T_{opt} betrug die maximale Überlebensrate (Y_{max}) 77 % (Abb. 62).

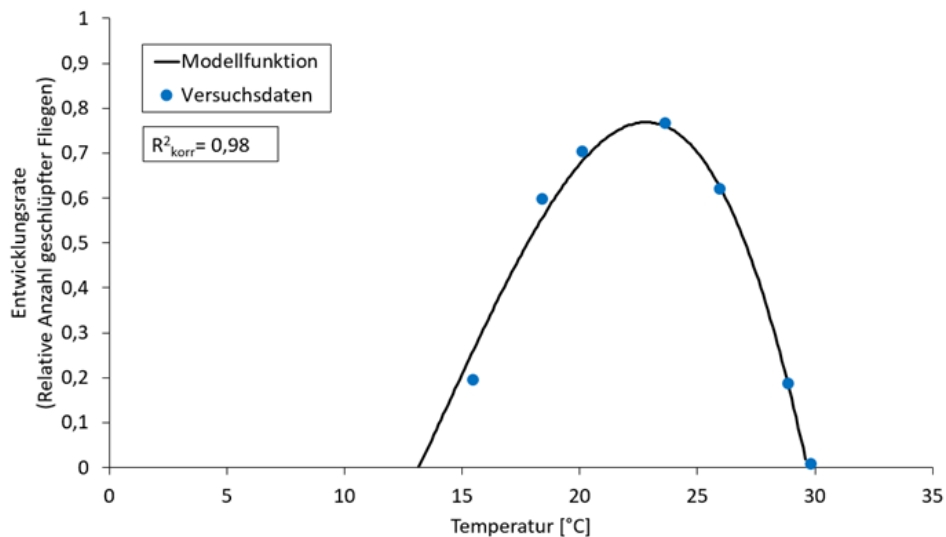


Abb. 62: Modell zur Überlebensrate während der Entwicklung von *D. sukuzii* vom Ei bis zur adulten Fliege in Abhängigkeit von der Temperatur

Die Versuchsdaten zur temperaturabhängigen Entwicklungsdauer wurden zunächst von der Gesamtdauer der Entwicklung in eine tägliche Überlebensrate während der Entwicklung umgerechnet. Mittels der Brière-Funktion wurde eine Modellgüte von $R^2_{\text{korr}} = 0,96$ erreicht. Die errechnete T_{opt} für die Entwicklungsdauer der KEF vom Ei bis zur adulten Fliege lag bei 26,5 °C und die errechnete T_{max} bei 33,7 °C ($p < 0,05$). T_{min} wurde festgesetzt, wobei der gleiche Werte wie bei der Eiablage und der Überlebensrate während der Entwicklung angenommen wurde ($T_{\text{min}} = 13,2$ °C). Bei T_{opt} betrug die schnellste Entwicklung (Y_{max}) 9 % Entwicklung pro Tag (Abb. 63).

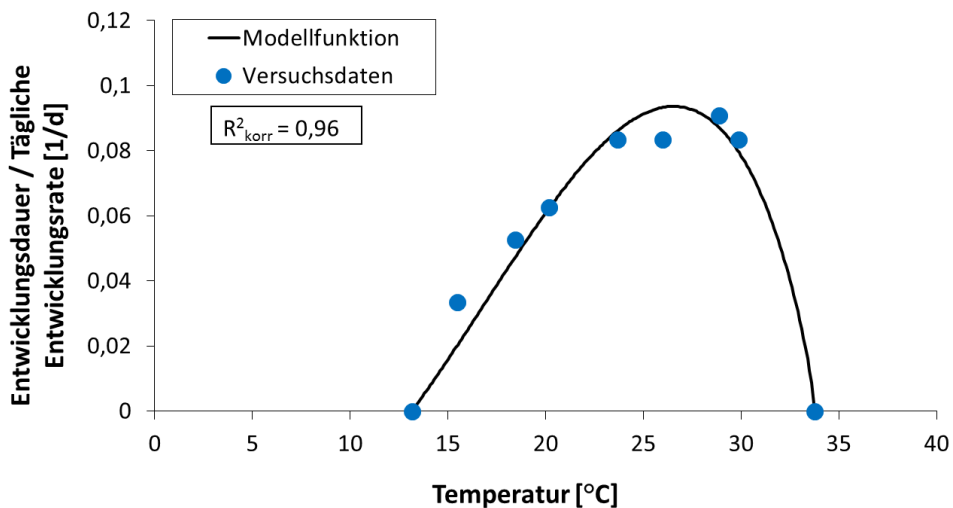


Abb. 63: Modellfunktion zur Entwicklungsdauer von *D. sukuzii* vom Ei bis zur adulten Fliege in Abhängigkeit von der Temperatur

Aus den Versuchen zur Abhängigkeit der Eiablage von der Luftfeuchte resultierte eine schwache Korrelation zwischen den beiden Parametern. Daher ist eine Modellierung dieser Beziehung bzw. eine Berücksichtigung im Modell aktuell nicht implementiert (siehe Kapitel 3.1.2.1).

Die T_{opt} für die Eiablage (26,7 °C) lag in unseren Versuchen deutlich über den Angaben verschiedener Autoren, welche zusätzlich stark variieren (18 - 22,9 °C) (RYAN et al., 2016; TOCHEN et al., 2014; WALLINGFORD et al., 2016). Die T_{opt} für die Überlebensrate während der Entwicklung (22,8 °C) sowie für die Entwicklungsdauer (26,5 °C) lagen deutlich unter den Werten in der Literatur (28 - 28,2 °C) (KIM et al., 2015; KINJO et al., 2014; RYAN et al., 2016; TOCHEN et al., 2014). Auch die T_{min} für die Eiablage variierte in der Literatur sehr stark (2,9 - 10 °C) und unterscheidet sich deutlich von dem in den vorliegenden Untersuchungen ermittelten Wert (13,2 °C). Die T_{min} für Überlebensrate während der Entwicklung und Entwicklungsdauer lag in den genannten Literaturquellen ebenfalls niedriger als die von uns errechnete. Die T_{max} für die Eiablage lag in den hier beschriebenen Versuchen bei 33,6 °C und damit im Mittelfeld der Werte der Literatur (30 und 35 °C). Die T_{max} für die Überlebensrate während der Entwicklung ist mit einer Abweichung von 0,3 bis 1,2 °C vergleichbar mit den o. g. Literaturquellen. Die T_{max} für die Entwicklungsdauer hat ebenfalls eine große Spannweite in der Literatur (30,9 - 42,1 °C) und konnte in den Versuchen innerhalb des Projekts auf 33,7 °C bestimmt werden. Die variierenden Angaben zeigen, dass unterschiedliche Fliegenpopulationen, Laborbedingungen und Versuchsmethoden einen großen Einfluss auf die Ergebnisse haben können. Daher war es wichtig, eigene Daten in diesem Vorhaben zu generieren, um ein stimmiges Gesamtbild mit Werten, die zueinander passen, zu erhalten.

Die Modellierung des Überlebens bei Hitze von Eiern und Larven wurde aus den Daten der unter 2.3.3 beschriebenen Versuche durchgeführt. Dabei wurden Temperatur und Dauer zu einer

Temperatursumme (°h) umgerechnet. Die Beziehung zwischen Überleben und Temperatursumme wurde für jedes Stadium separat anhand der Funktion

$$f = a * \exp(-b * x)$$

analysiert.

Die Überlebensrate von Eiern und Larven der KEF bei Hitze war signifikant negativ mit der Temperatursumme korreliert (Abb. 64), d. h. je höher die Temperatursumme, desto niedriger die Überlebensrate. Das Überleben der Puppen war nicht abhängig von der Temperatursumme innerhalb der Testreihe. Eier und Larven wurden als hitzesensitiv eingestuft und erreichten Überlebensraten von 50 % bei 64 bzw. 88 °h. Es wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Regressionen von Eiern und Larven gefunden.

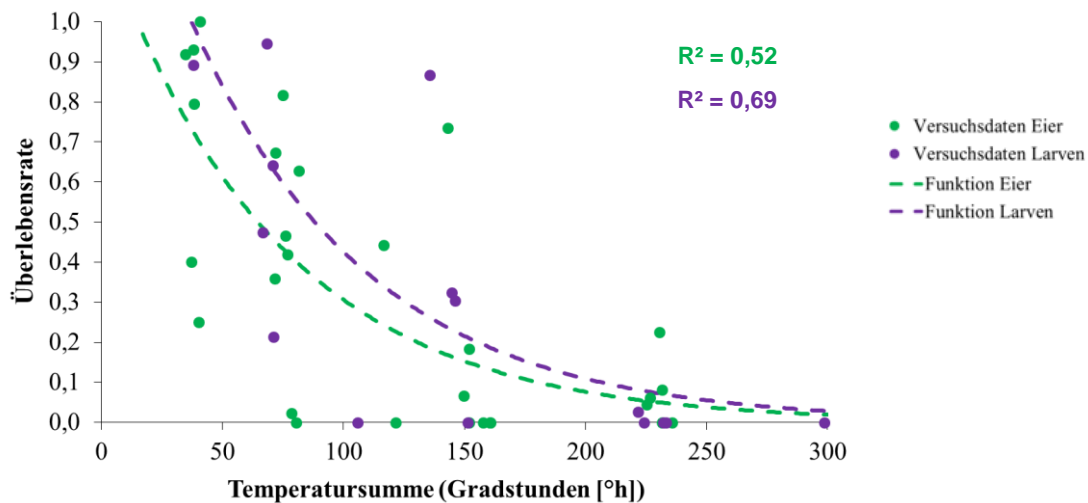


Abb. 64: Überlebensrate von Eiern und Larven in Abhängigkeit der Temperatursumme

Für die Modellierung des Überlebens bei Kälte wurden Männchen und Weibchen zusammengefasst. Die Beziehung zwischen Überleben, Temperatur und Dauer sowie deren Interaktion wurde für sommer- und wintermorphie KEF separat mittels der Gompertz-Funktion/ logistischer Regression analysiert:

$$f = \exp(-\exp(-(a - b * x + c * y)))$$

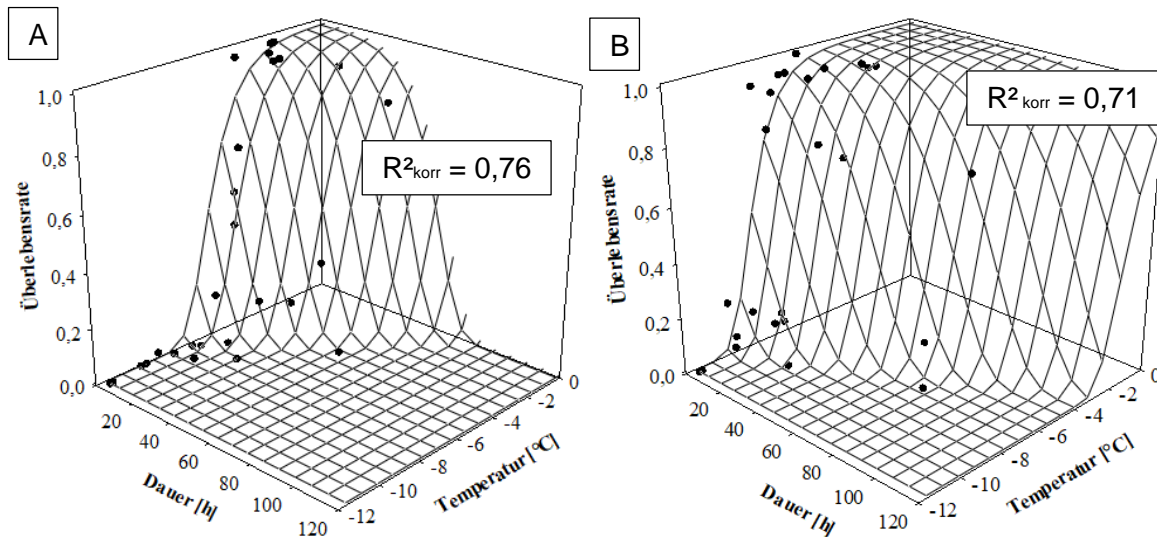


Abb. 65: Modellierte Überlebensrate von sommormorphen (A) und wintermorphen (B) *D. suzukii* in Abhängigkeit der Temperatur und der Dauer. Daten erhoben unter konstanten negativen Temperaturen und Laborbedingungen.

Wintermorphen Fliegen waren signifikant kältetoleranter als sommormorphe Fliegen. Bei beiden Morphphen war das Überleben signifikant positiv mit der Temperatur korreliert (Abb. 65), d. h. je höher die Temperatur im negativen Bereich, desto höher das Überleben. Die Korrelation zwischen Überleben und Dauer war negativ.

3.1.4.3 Modellierung, Parametrisierung und Validierung der Wirtspflanzenphänologie

Anhand von Phänologie-Daten wurden Ontogenese-Modelle entwickelt, die die BBCH-Stadien in Abhängigkeit der Summe der berechneten Entwicklungsrate prognostizieren. Zur Berechnung dieser Entwicklungsrate wurde eine Funktion entwickelt, welche auf dem Einfluss von Tageslichtlänge und Temperatur basiert. Der Zusammenhang beider Faktoren ist am Beispiel ‚Süßkirsche‘ in Abb. 66 dargestellt. Die Funktion zur Abhängigkeit der Entwicklungsrate von Tageslichtlänge und Temperatur wurde auf der Grundlage von BERRY, 1975; BERRY UND BJORKMAN, 1980; DAWSON, 2015 und GEIGER, 1994 erstellt.

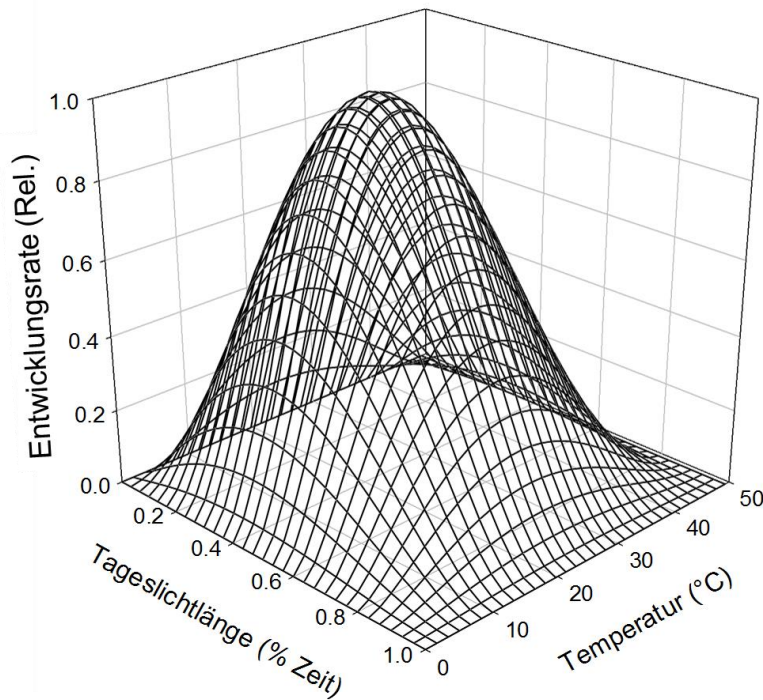


Abb. 66: Abhängigkeit der relativierten Entwicklungsrate von Tageslichtlänge (% Zeit) und Temperatur (°C), Beispiel ‚Süßkirsche‘ LTZ Augustenberg, Daten aus 2005-2015

Die so ermittelte Entwicklungsrate wurde ab einem bestimmten Startdatum (01. April für Obst & 01. März für Reben), dem sogenannten Biofix, aufsummiert, mit den Boniturdaten zur Ontogenese korreliert und für verschiedene Kulturen parametrisiert (Abb. 67 & Tab. 17).

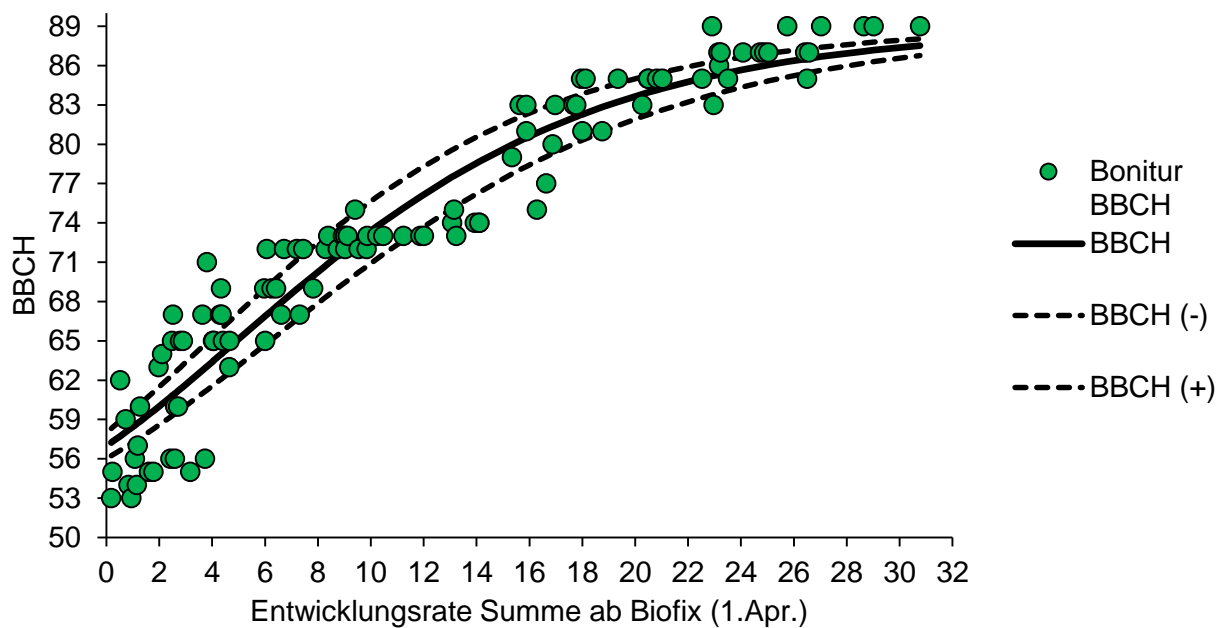


Abb. 67: Korrelation der aufsummierten täglichen temperatur- und tageslichtabhängigen Entwicklungsrate mit den bonitierten BBCH-Stadien (Beispiel Kirsche 2005-2015, Standort LTZ Augustenberg) und daraus berechnete Gompertz-Funktion mit oberen (+) und unteren (-) 95 % Konfidenzintervall

Der Zusammenhang der Daten ließ sich mittels einer modifizierten Gompertz-Funktion mit zwei Parametern (RACCA et al., 2012) beschreiben:

$$BBCH = BBCH_{Min} + \left(Exp^{-Exp^{a+b \cdot \sum_{i=1}^n Ent_{rate}}} \right) * (BBCH_{Max} - BBCH_{Min})$$

Wobei:

- $BBCH_{Min} = 51$
- $BBCH_{Max} = 89$
- Biofix = 1.April
- Ent_{rate} = Entwicklungsrate (Licht, Temperatur)
- a, b: Parameter der Gompertz Funktion

Zur Verfeinerung des modellierten Ansatzes für unterschiedliche Sorten einer Kultur dienen die Konfidenzintervalle der berechneten Funktionen (Abb. 68). Somit kann eine Aussage zur Ontogenese für frühe, mittlere und späte Sorten berücksichtigt werden.

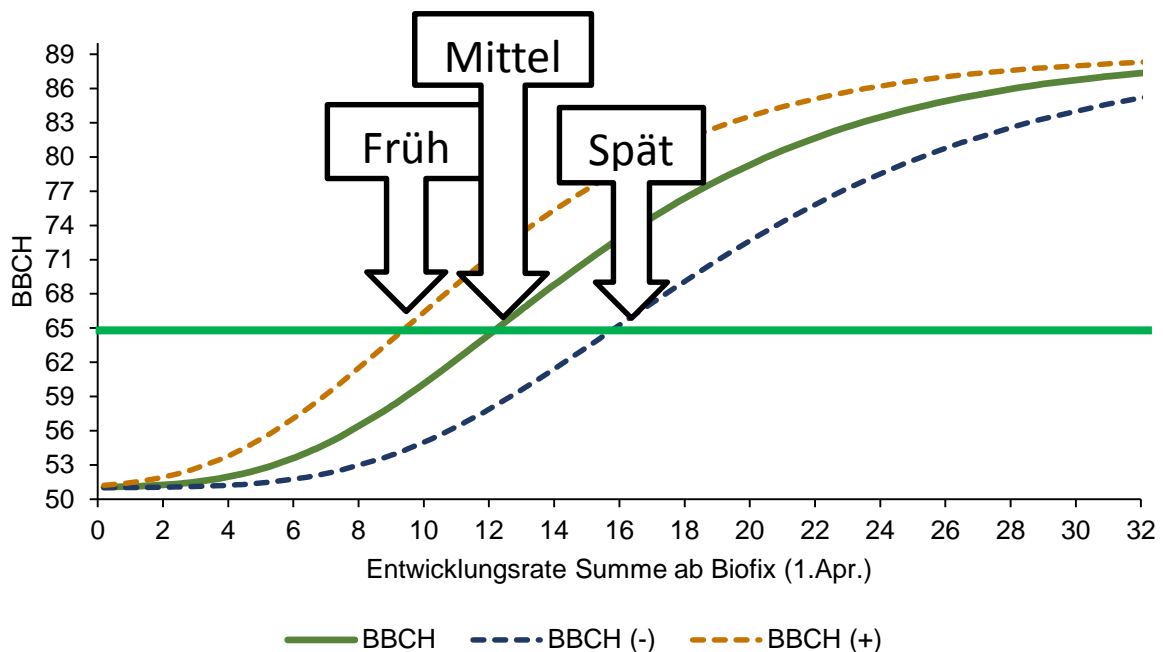


Abb. 68: Modellfunktionen zur Berechnung der Ontogenese von früh, mittel und spät reifenden Sorten am Beispiel der Kirsche

Für die in Tab. 17 aufgeführten Kulturen konnten Zusammenhänge mittels Gompertz-Funktionen berechnet werden. Die entsprechenden Funktionsparameter sind ebenfalls in Tab. 17 dargestellt.

Tab. 17: Zusammenfassung der statistischen Parameter der berechneten Gompertz-Funktionen der Ontogenesemodelle für die aufgelisteten unterschiedlichen Kulturarten

Arten	n	Parameter	Wert	SE	p	r ²
Süßkirsche	107	a	-0,614	0,045	<0.0001	0,921
		b	0,125	0,006	<0.0002	
Sauerkirsche	117	a	-0,538	0,038	<0.0001	0,933
		b	0,104	0,004	<0.0001	
Pfirsich	76	a	0,053	0,042	0,2108	0,86
		b	0,058	0,004	<0.0001	
Aprikose	97	a	0,12	0,038	0,0019	0,853
		b	0,066	0,004	<0.0001	
Zwetschge	167	a	-0,027	0,034	0,4319	0,809
		b	0,05	0,003	<0.0001	
Stachelbeere	108	a	-0,247	0,038	<0.0001	0,915
		b	0,132	0,006	<0.0001	
Rote Johannisbeere	111	a	-0,593	0,051	<0.0001	0,909
		b	0,134	0,007	<0.0001	
Schw. Johannisbeere	94	a	-0,425	0,05	<0.0001	0,913
		b	0,144	0,008	<0.0001	
Himbeere	102	a	-1,936	0,135	<0.0001	0,909
		b	0,158	0,01	<0.0001	
Brombeere	102	a	-1,489	0,068	<0.0001	0,956
		b	0,128	0,005	<0.0001	
Holunder	72	a	-1,067	0,053	<0.0001	0,954
		b	0,082	0,003	<0.0001	

Analog zu den Obstkulturen wurde für die Rebsorten ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘ eine tägliche Entwicklungsrate in Abhängigkeit von der Tageslichtlänge und der Temperatur berechnet, die ab dem 1. März aufsummiert (Biofix Wein) und mit den Boniturdaten zur Ontogenese korreliert wurde (Abb. 69, Abb. 70). Grundlage für die Modellierung waren Daten zur Rebentwicklung in Rheinland-Pfalz aus den Jahren 2003 bis 2017, die im Projekt erhoben oder anderweitig zur Verfügung gestellt wurden. Aufgrund des geringen Datenumfanges war eine Modellierung der Ontogenese weiterer Rebsorten nicht möglich.

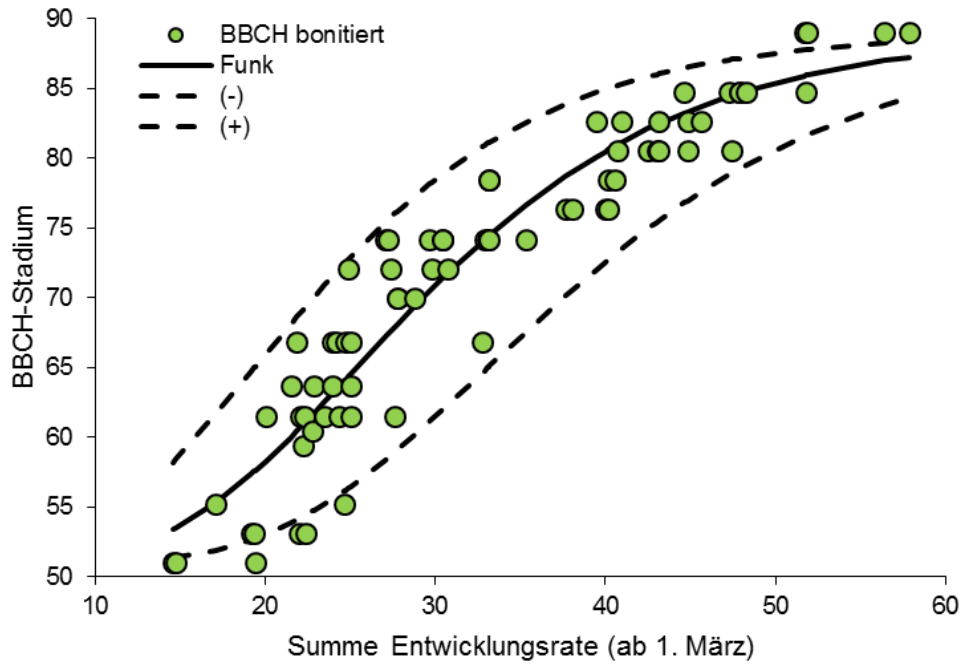


Abb. 69: Korrelation der aufsummierten täglichen temperatur- und tageslichtabhängigen Entwicklungsrate mit den bonitierten BBCH-Stadien und der daraus berechneten Gompertz-Funktion, Rebsorte ‚Portugieser‘

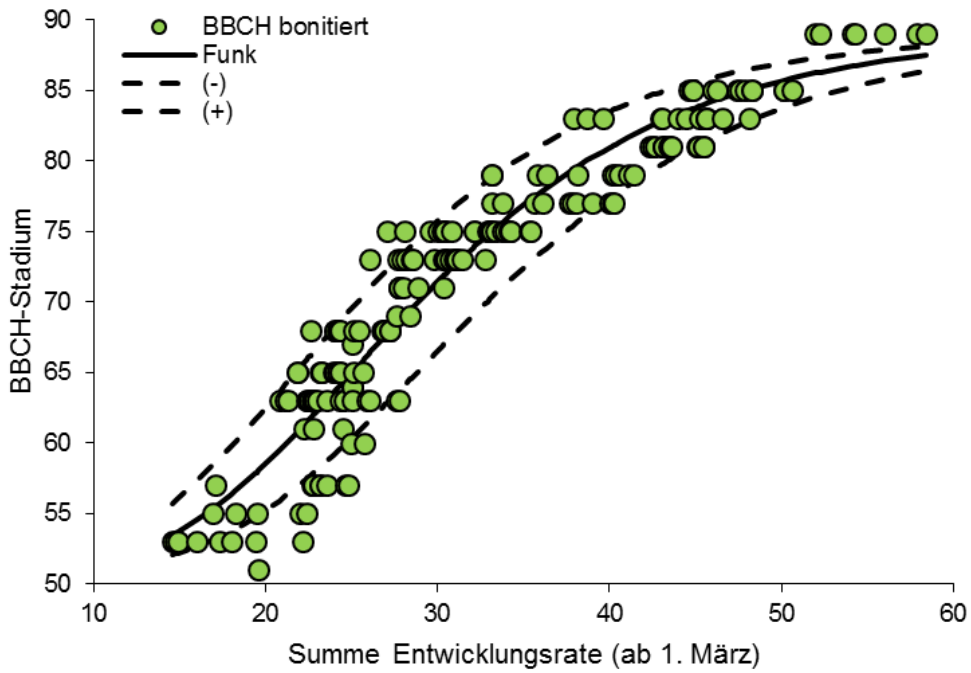


Abb. 70: Korrelation der aufsummierten täglichen temperatur- und tageslichtabhängigen Entwicklungsrate mit den bonitierten BBCH-Stadien und der daraus berechneten Gompertz-Funktion, Rebsorte ‚Dornfelder‘

3.1.4.4 Implementierung und Anpassung des Entscheidungshilfesystem unter www.isip.de

3.1.4.4.1 Technisches Vorgehen

Die Vorlage des EHS SIMKEF wurde mit „Microsoft Excel“ erstellt und in dieser Form an ISIP übergeben. Dieses Tabellenkalkulationsprogramm ermöglichte umfangreiche Berechnungen mit Formeln und mathematischen Funktionen, so dass der gesamte Modell-Algorithmus samt Parameterdefinition in einem Dokument abgebildet werden konnte. Obwohl ein Excel-Dokument die Möglichkeit einer strukturierten Datenerfassung und -verarbeitung bietet, ist es für einen Serverbetrieb, der eine dauerhafte Bereitstellung des Modells garantiert, nicht geeignet.

Modellimplementierung

Die übergebene Vorlage des EHS SIMKEF wurde durch ISIP mit Java implementiert. Diese Programmiersprache zeichnet sich in erster Linie durch ihre Plattformunabhängigkeit aus. Für nahezu jedes Betriebssystem existiert eine virtuelle Maschine (JVM), die den einmalig programmierten Java-Quellcode ausführt. Die Performance von Java ist sehr hoch und entspricht größtenteils der Leistungsfähigkeit von C++. Die Mächtigkeit dieser Sprache resultiert aus der immensen Anzahl der zur Verfügung stehenden Bibliotheken, die eine standardisierte Zusammenarbeit mit den Datenbanksystemen und den Webtechnologien ermöglichen. Eine weitere Facette ist die Objektorientierung. Diese sorgt für einen hohen Grad der Wiederverwendbarkeit der Softwaremodule und somit für ein überschaubares Software-Design und kurze Entwicklungszeiten. Java ist eine freie Software.

Auch für das Lesen und Schreiben der Excel-Dokumente stehen Java-Bibliotheken (Apache POI) zur Verfügung. Mittels dieser Bibliothek ist die Modellvorlage geparkt worden. Im Gegensatz zu „cut & paste“ ermöglicht das Parsen eine schnelle und fehlerfreie Übernahme aller Modellparameternamen und -werte. Auch die Formeln, die als Text ausgelesen werden, können einfach in Java-Quellcodes überführt werden. Auf diese Weise kann die Modellvorlage in ein funktionierendes Java-Programm migriert werden, in dem alle Einzelheiten des Modells übernommen sind.

Die Darstellung des EHS in Form von Eingabeformen, Texten, Tabellen, Grafiken, etc. übernimmt ein spezielles Java-Framework (Vaadin), das anhand des Java-Quellcodes das für die Web-Browser notwendige HTML, CSS und JavaScript automatisch generiert. Somit ist jedes Modell, von Dateneingabe bis Datenausgabe eine pure Java-Implementierung.

Modellintegration

Ein Modell als ein funktionierendes Java-Programm wird als ein Modul in einen Applikationsserver (JBoss) integriert. Module sind Bestandteile des ISIP-Frameworks. Der

Applikationsserver kommuniziert mit einer Datenbank (DB2), die unter anderem Wetterdaten und Modelleinstellungen des jeweiligen Benutzers zur Verfügung stellt. Der Applikationsserver ist jederzeit verfügbar und führt Modellberechnungen durch, sobald die entsprechenden Eingabeparameter an das Model übergeben worden sind. Dies geschieht entweder benutzer- oder zeitgesteuert. Der Applikationsserver verwaltet die Daten und bildet die Geschäftslogik ab. Für die direkte Kommunikation mit dem Benutzer und die Darstellung der Modellergebnisse ist ein Webapplikationsserver (Apache Tomcat) verantwortlich. Dieser kommuniziert mit dem Applikationsserver und reagiert auf Benutzeranfragen.

ISIP stellt diese Infrastruktur zur Verfügung, sodass das EHS SIMKEF über die Homepage erreicht werden kann. Im Projektverlauf kam es zu einigen Modellanpassungen, die nach Absprache von ISIP durchgeführt wurden. Ebenfalls wurde die grafische Oberfläche nach Rücksprache mit den Modellnutzern angepasst.

3.1.4.4.2 Umsetzung der Benutzeroberfläche

Das Entscheidungshilfesystem SIMKEF ist über die Homepage www.isip.de für einen eingeschränkten Nutzerkreis, bestehend aus etwa 580 registrierten Mitarbeitern von den Pflanzenschutzdiensten sowie für die Entwickler, erreichbar. Für die Wirtsfrüchte ‚Süßkirsche‘, ‚Sauerkirsche‘, ‚Brombeere‘, ‚Himbeere‘ und die Rebsorten ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘ kann aktuell eine Prognoseberechnung mit einer 3-Tagesvorhersage durchgeführt werden.

Die Abb. 71 zeigt die aktuelle Eingabemaske für das EHS SIMKEF (Stand: 15.04.2021) Hier können die schlagspezifischen Angaben für eine Prognose eingestellt werden. Über eine interaktive Karte bzw. manuelle Eingabe von Koordinaten kann der Standort bestimmt werden. Weitere nötige Angaben sind die gewünschte Kultur, der Sortentyp bzw. die Sorte (Rebe), das Erntejahr und bei Bedarf eigene Angaben zu BBCH-Stadien.

Schlagdaten

Schlagdaten

Name * Bosenheim

Position * **Geokoordinaten**

49,839964 7,900801

PLZ oder Ort

55545 Bosenheim (Bad Kreuznach, Rheinland-Pfalz)

Kultur

Kulturart * Süßkirsche

Sortentyp * mittel

Erntejahr * 2020

Ohne Angaben wird der Biofix (Knospenschwellen BBCH 51) verwendet

Bonitur Stadium Pflanze Beginn Fruchtreife (BBCH 81)

Bonitur Datum 11.06.20

Abbrechen Speichern Löschen

Abb. 71: Eingabemaske (Screenshot) der aktuellen Version des EHS SIMKEF auf der Online-Plattform www.isip.de, Stand 15.04.2021

Die Abb. 72 zeigt eine Übersicht der Prognose. Neben dem Namen, der Kultur und Angaben zu selbst gewählten BBCH-Einstellungen wird, ähnlich einer Ampel, farbig dargestellt, ob eine Eiablage in der Kultur wahrscheinlich (rot) oder unwahrscheinlich (grün) ist.

Schlagspezifische Prognose

Bosenheim Schlagdaten anzeigen

Ergebnisdetails Karte

Name	Kultur	Prognose erstellt am	Bonitur Stadium Pflanze	Bonitur Datum	Juli															
					21	22	23	24	25	26	27	28	29	30						
Bosenheim	Suesskirsche/mittel	30.07.20	81	11.06.20	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

← Schlagübersicht

Abb. 72: Übersicht Schlagprognose mit Ampel-Warnanzeige

Die Abb. 73 zeigt den obersten Ergebnisoutput, der das Wetter des Standortes mit der Lufttemperatur 2m [°C], dem Niederschlag 1m [mm] und der Luftfeuchte [%] des gewählten Prognosezeitraums in einer interaktiven Grafik anzeigt. Bei den Berechnungen werden interpolierte Wetterdaten für eine genauere, standortspezifische Prognose verwendet, keine Wetterstationsdaten.

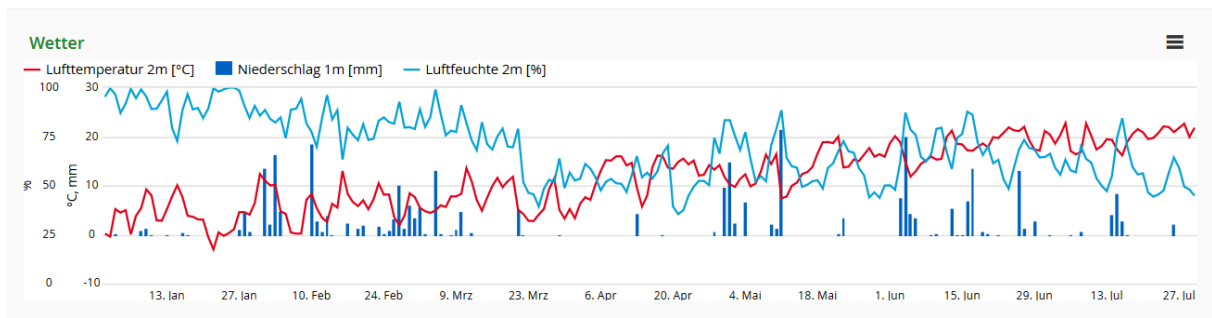


Abb. 73: Wetteroutput des EHS, dargestellt werden die Lufttemperatur 2m [°C], der Niederschlag 1m [mm] und die Luftfeuchte [%] (interpoliertes Wetter)

Die Abb. 74 gibt den prognostizierten Verlauf der Phänologie der gewählten Wirtspflanze wider. Hat der Nutzer in der Eingabemaske eigene BBCH-Beobachtungen eingegeben, startet die Prognose an diesem zeitlichen Punkt und Entwicklungsstadium.

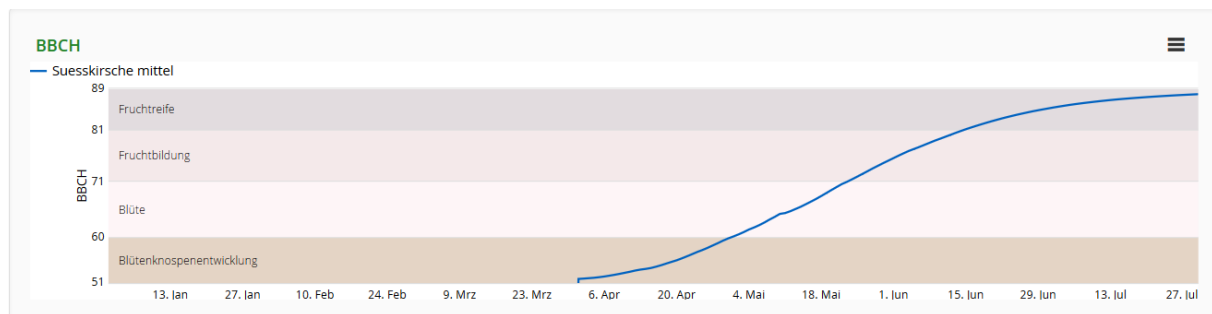


Abb. 74: Output Verlauf des prognostizierten BBCH-Stadiums

Die Abb. 75 zeigt den Verlauf des modellintern berechneten SIMKEF-Index über den gewählten Prognosezeitraum. Der grün eingefärbte Bereich kennzeichnet eine Grenzwertunterschreitung (Eiablage unwahrscheinlich) und der rote eine Überschreitung (Eiablage wahrscheinlich).

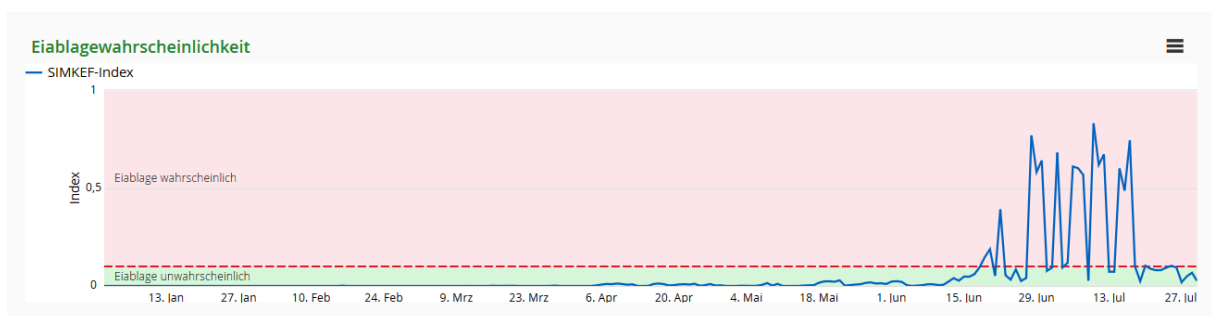


Abb. 75: Output Verlauf des SIMKEF-Index und Anzeige von Grenzwert Über- und Unterschreitung

3.1.5 Validierung des Entscheidungshilfesystem

3.1.5.1 Validierung des Phänologie-Moduls

Kirsche

Süßkirsche

Die Abb. 76 zeigt die Anteile ‚korrekter‘ BBCH-Prognosen bzw. Unter- oder Überschätzungen des Modells der Kultur ‚Süßkirsche‘ nach den einzelnen Boniturjahren getrennt und allen Jahren zusammen betrachtet (schwarzer Balken). Der Anteil korrekter Prognosen liegt anhand des Konfidenzintervall-Kriteriums je nach Jahr zwischen 50 bis 75 % (siehe Kapitel 2.6.1, S. 32) und zwischen 49 bis 100 % bei Betrachtung der Abweichung [in Tagen] der Simulation – Bonitur.

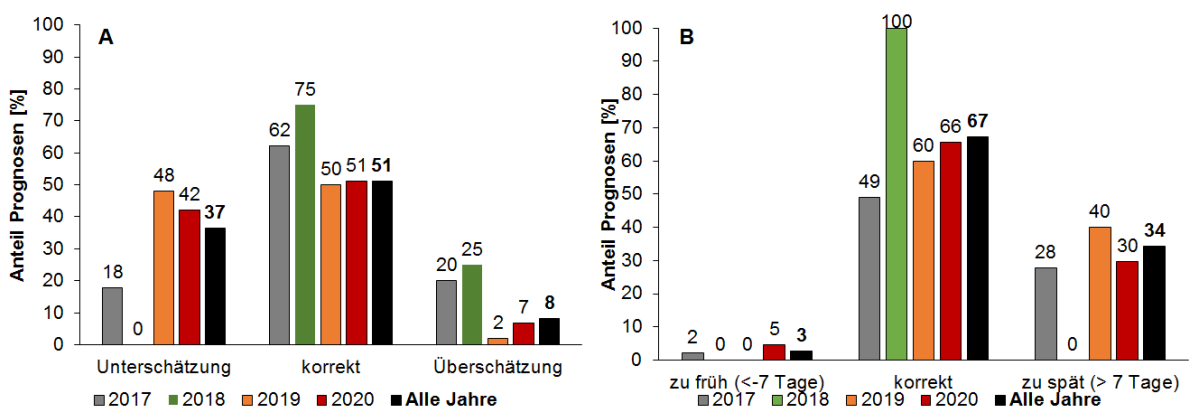


Abb. 76: Anteil korrekter BBCH-Prognosen bzw. Unter-, Überschätzungen des Modells, Konfidenzintervall-Kriterium (A) (2017: n = 45, 2018: n = 8, 2019: n = 54, 2020: n = 90, alle Jahre: n = 197) und Anteil korrekter bzw. zu früher/später Prognosen, Kriterium „Abweichung [in Tagen] Simulation – Bonitur“ (B) (2017: n = 37, 2018: n = 6, 2019: n = 45, 2020: n = 64, alle Jahre: n = 146) in der Kultur ‚Süßkirsche‘; Jahre 2017 bis 2020

Sauerkirsche

Die Ergebnisse der Ontogenese-Validierung der Sauerkirsche sind in der Abb. 77 zusammenfassend dargestellt. Der Anteil korrekter Prognosen nach dem Konfidenzintervall-Kriterium liegt je nach Jahr zwischen 48 % im Jahr 2020 und 100 % im Jahr 2017, über alle Jahre hinweg lag der Anteil bei 57 %. Beim Kriterium „Abweichung in Tagen“ lagen die Anteile korrekter Prognosen zwischen 35 % im Jahr 2020 und 100 % im Jahr 2018, über alle Jahre betrachtet lag der Anteil korrekter Prognosen bei 62 %.

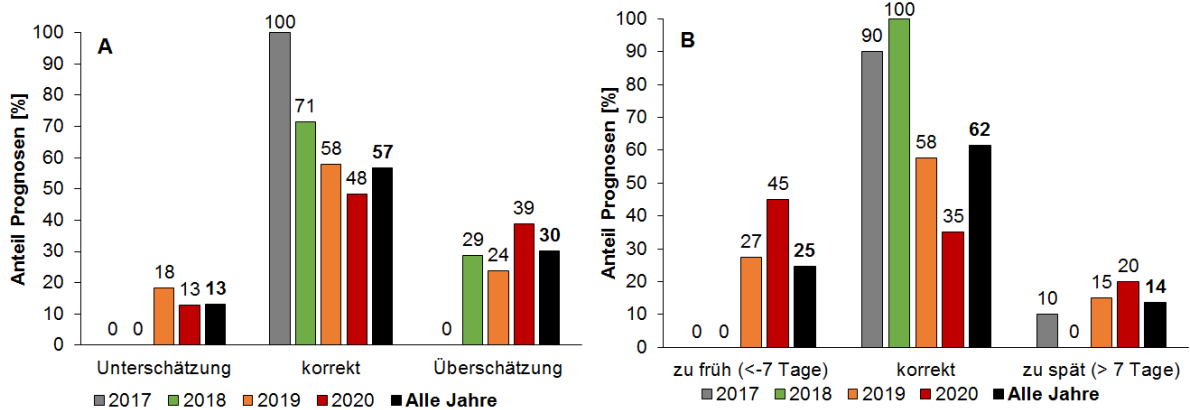


Abb. 77: Anteil korrekter BBCH-Prognosen bzw. Unter-, Überschätzungen des Modells, Konfidenzintervall-Kriterium (A) (2017: n = 10, 2018: n = 14, 2019: n = 38, 2020: n = 31, alle Jahre: n = 83) und Anteil korrekter bzw. zu früher/später Prognosen, Kriterium „Abweichung [in Tagen] Simulation – Bonitur“ (B) (2017: n = 10, 2018: n = 10, 2019: n = 33, 2020: n = 20, alle Jahre: n = 73) in der Kultur ‚Sauerkirsche‘; Jahre 2017 bis 2020

Brombeere

Die Abb. 78 zeigt die Ergebnisse der Phänologie-Modell Validierung der Brombeeren. Der Anteil korrekter Prognosen über alle Jahre liegt bei beiden Kriterien bei 42 %. Es kam tendenziell zu einigen BBCH-Überschätzungen (= Stadien zu früh prognostiziert) des Modells. Die geringeren Trefferquoten lassen sich u. a. dadurch erklären, dass die BBCH-Bonituren gerade bei Brombeeren schwierig sind. Es gibt keine offizielle BBCH-Skala, insbesondere ab BBCH 81 gibt es keine einheitliche Regelung, es kommt zu stark subjektiven Einschätzungen seitens der Bonitier (‚observer bias‘), der sich in den Ergebnissen widerspiegelt. Es wurde von den drei Verbundpartnern Im Laufe des Projekts eine eigene einheitliche BBCH-Einteilung (siehe Abb. 10, S. 14) erstellt, die aber nicht rückwirkend auf BBCH-Bonituren der vorherigen Monitoring-Jahre angewandt werden konnte. Hinzu kommt, dass bei der Kultur Brombeere über einen relativ langen Zeitraum sehr viele Stadien zur gleichen Zeit vorhanden sind und die Früchte nach und nach reifen und daher die Abschätzung des ‚Gesamt-BBCH-Zustand‘ einer Anlage schwierig ist.

Da das EHS SIMKEF so konzipiert ist, dass BBCH 81 vom Benutzer korrigiert werden kann, stellt dies aber keine großen Probleme dar. Sobald der Anwender erste Früchte in BBCH 81 im Bestand bonitiert hat, kann dies im EHS SIMKEF angepasst werden und das Modell rechnet dann ein entsprechendes Risiko für die Eiablage. Da in den Brombeeren die BBCH-Stadien über einen langen Zeitraum parallel auftreten, wird das Eiablagerisiko fortlaufend über einen langen Zeitraum berechnet. Entscheidender sind daher die weiteren Prognosen zur Befallsentwicklung durch das populationsdynamische Modell (siehe Validierungsergebnisse unter Kapitel 3.1.5.3).

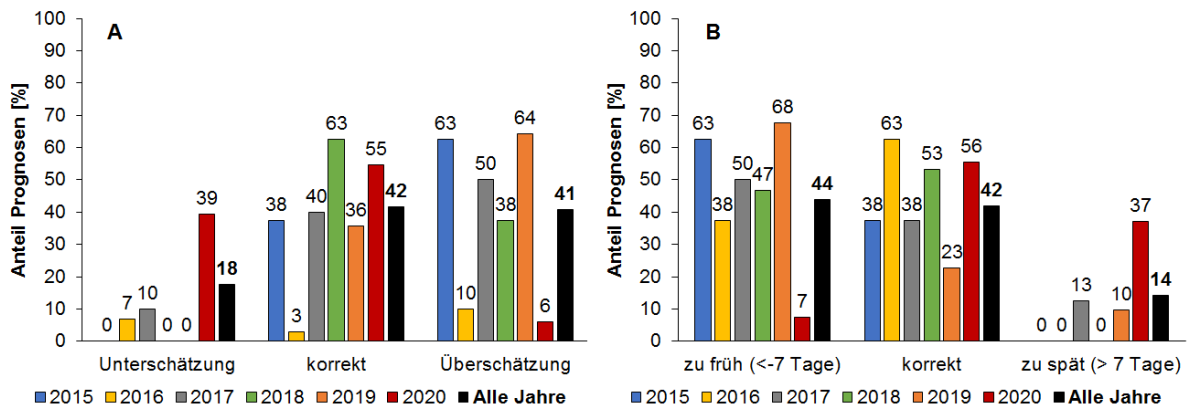


Abb. 78: Anteil korrekter BBCH-Prognosen bzw. Unter-, Überschätzungen des Modells, Konfidenzintervall-Kriterium (A) (2015: n = 8, 2016: n = 20, 2017: n = 20, 2018: n = 16, 2019: n = 28, 2020: n = 33, alle Jahre: n = 125) und Anteil korrekter bzw. zu früher/später Prognosen, Kriterium „Abweichung [in Tagen] Simulation – Bonitur“ (B) (2015: n = 8, 2016: n = 8, 2017: n = 16, 2018: n = 15, 2019: n = 31, 2020: n = 27, alle Jahre: n = 105) in der Kultur ‚Brombeere‘; Jahre 2015 bis 2020

Himbeere

Bei der Kultur Himbeere liegt der Anteil korrekter Prognosen je nach Jahr zwischen 48 und 92 %, über alle Jahre bei einem Wert von 60 % (Konfidenzintervall-Kriterium). Bei Betrachtung des zweiten Kriteriums liegen die Anteile korrekter Prognosen etwas niedriger. Über alle Jahre betrachtet sind es 42 %, es kommt mit 48 % tendenziell zu einigen Überschätzungen des Modells, ähnlich den Brombeeren (Abb. 79). Auch bei den Himbeeren reifen die Früchte über einen längeren Zeitraum nach. Eine Einschätzung des „Gesamt-BBCH-Zustandes“ einer Anlage ist auch hier subjektiv geprägt.

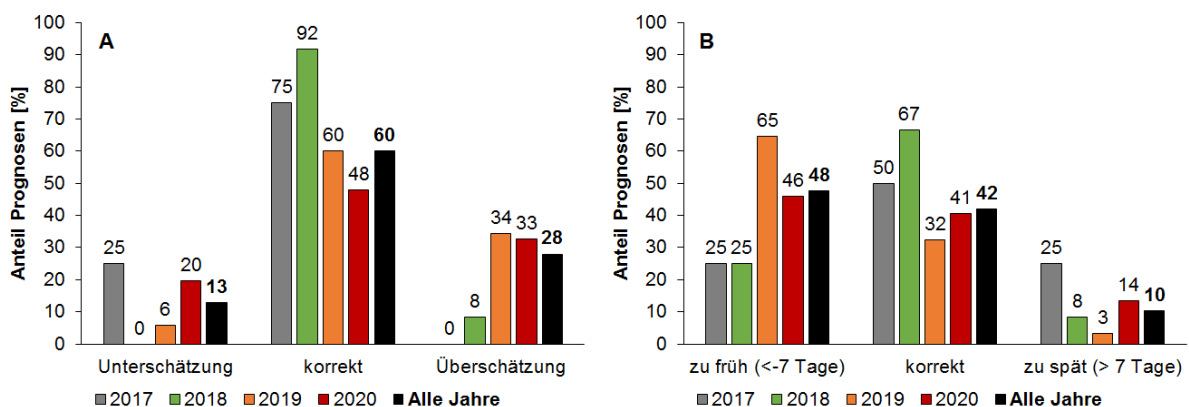


Abb. 79: Anteil korrekter BBCH-Prognosen bzw. Unter-, Überschätzungen des Modells, Konfidenzintervall-Kriterium (A) (2017: n = 8, 2018: n = 12, 2019: n = 35, 2020: n = 46, alle Jahre: n = 101) und Anteil korrekter bzw. zu früher/später Prognosen, Kriterium „Abweichung [in Tagen] Simulation – Bonitur“ (B) (2017: n = 8, 2018: n = 12, 2019: n = 31, 2020: n = 37, alle Jahre: n = 88) in der Kultur ‚Himbeere‘; Jahre 2017 bis 2020

Reben

Der Anteil korrekter Prognosen über alle Jahre nach dem Konfidenzintervall-Kriterium liegt beim ‚Dornfelder‘ bei sehr guten 80 %, in Betrachtung der Einzeljahre zwischen 65 % und 87 %. Beim Kriterium „Abweichung in Tagen“ liegt der Gesamtprozentsatz bei 58 %, in den einzelnen Jahren schwankt der Wert korrekter Prognosen zwischen 49 % und 70 % (Abb. 80).

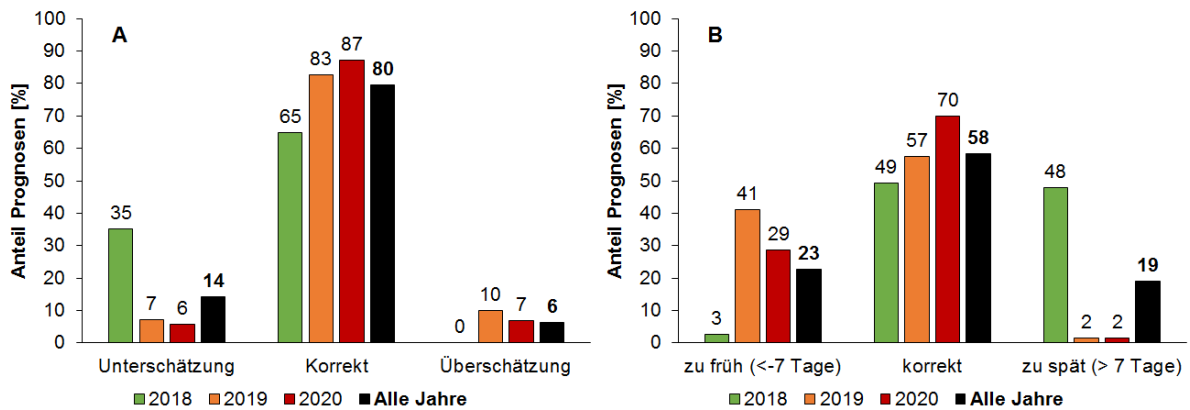


Abb. 80: Anteil korrekter BBCH-Prognosen bzw. Unter-, Überschätzungen des Modells, Konfidenzintervall-Kriterium (A) (2018: n = 77, 2019: n = 110, 2020: n = 102, alle Jahre: n = 289) und Anteil korrekter bzw. zu früher/später Prognosen, Kriterium „Abweichung [in Tagen] Simulation – Bonitur“ (B) (2018: n = 75, 2019: n = 61, 2020: n = 63, alle Jahre: n = 289) in der Kultur ‚Rebe‘, Sorte: Dornfelder; Jahre 2018 bis 2020

Die Abb. 81 zeigt für Portugieser sehr gute Trefferquoten der BCCH-Stadien von Seiten des Modells an, die in allen Jahren und bei Betrachtung aller Jahre bei über 90 % liegen. Beim zweiten Validierungskriterium liegt die Trefferquote etwas niedriger, über alle Jahre bei 56 %. Es kam in 35 % der Fälle (alle Jahre) zu BBCH-Überschätzungen seitens des Modells.

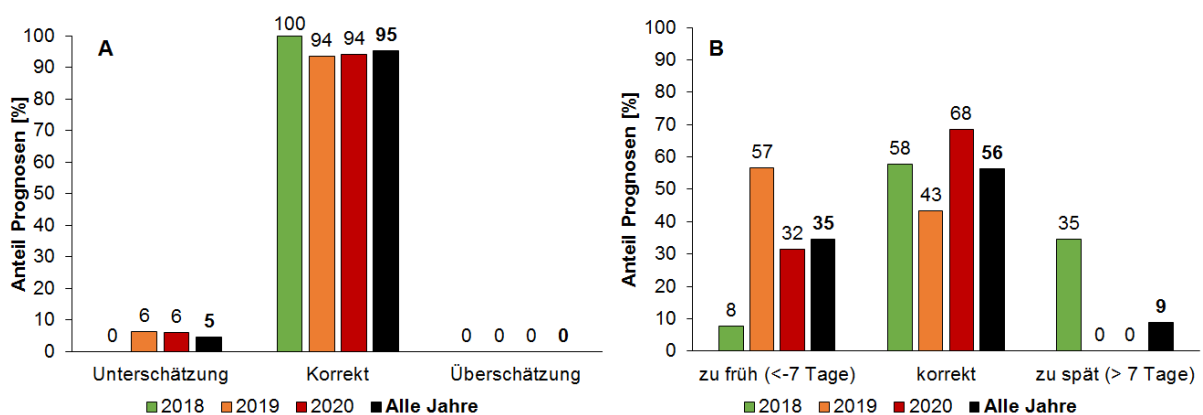


Abb. 81: Anteil korrekter BBCH-Prognosen bzw. Unter-, Überschätzungen des Modells, Konfidenzintervall-Kriterium (A) (2018: n = 39, 2019: n = 62, 2020: n = 67, alle Jahre: n = 168) und Anteil korrekter bzw. zu früher/später Prognosen, Kriterium „Abweichung [in Tagen] Simulation – Bonitur“ (B) (2018: n = 26, 2019: n = 37, 2020: n = 38, alle Jahre: n = 101) in der Kultur ‚Rebe‘, Sorte: Portugieser; Jahre 2018 bis 2020

3.1.5.2 Modellevaluierung - Befallsbeginn

Obst:

Süßkirsche

Die Evaluierung des EHS für die Wirtsfrucht ‚Süßkirsche‘ mit allen vorhandenen Befallsdatensätzen der Jahre 2016 bis 2020 mit Standorten in Deutschland und der Schweiz (n = 63) hat eine sehr gute Einschätzung der tatsächlichen Befallssituation ergeben. Wie der Abb. 82 zu entnehmen ist, erfolgte im Mittel der bonitierte Erstbefall 4 Tage nach Erstüberschreitung des SIMKEF-Risiko-Grenzwertes.

Werden die Evaluierungsergebnisse getrennt nach den einzelnen Boniturjahren betrachtet, liegen alle Mittelwerte im Intervall von -7 bis +7 Tagen (2016 = 2 Tage; 2017 = 7 Tage; 2018 = 3 Tage; 2019 = 1 Tag; 2020 = 5 Tage). In den Jahren 2017 und 2020 zeigt sich tendenziell ein leicht verzögerter Erstbefall.

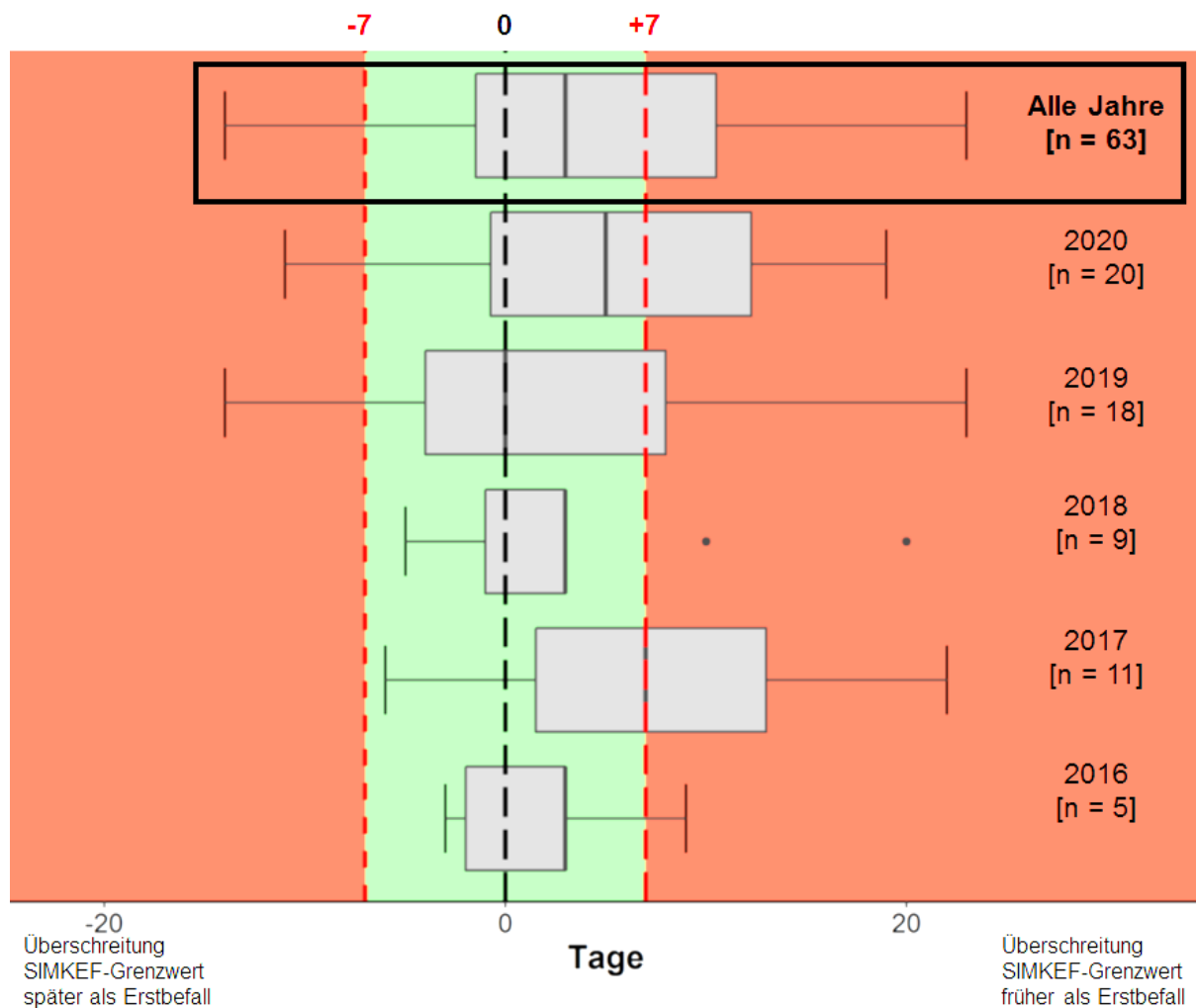


Abb. 82: Abweichung in Tagen zwischen Erstbefall in der Kultur ‚Süßkirsche‘ und der Überschreitung des SIMKEF-Grenzwertes, über alle Jahre (schwarz hervorgehoben) und getrennt nach einzelnen Jahren, Zeitraum 2016 bis 2020

Brombeere

In der Kultur ‚Brombeere‘ zeigt die Evaluierung ebenfalls sehr gute Ergebnisse. Die Abweichung in Tagen zwischen dem tatsächlichem Erstbefall und der berechneten ersten Grenzwertüberschreitung liegt im Mittel bei 3 Tagen (Abb. 83). Es wurde auf eine Darstellung der Einzeljahre aufgrund des geringen Stichprobenumfangs ($n = 7$) verzichtet. Ein Großteil der Prognosen, ca. 75 %, konnten hier als ‚korrekt eingestuft werden.

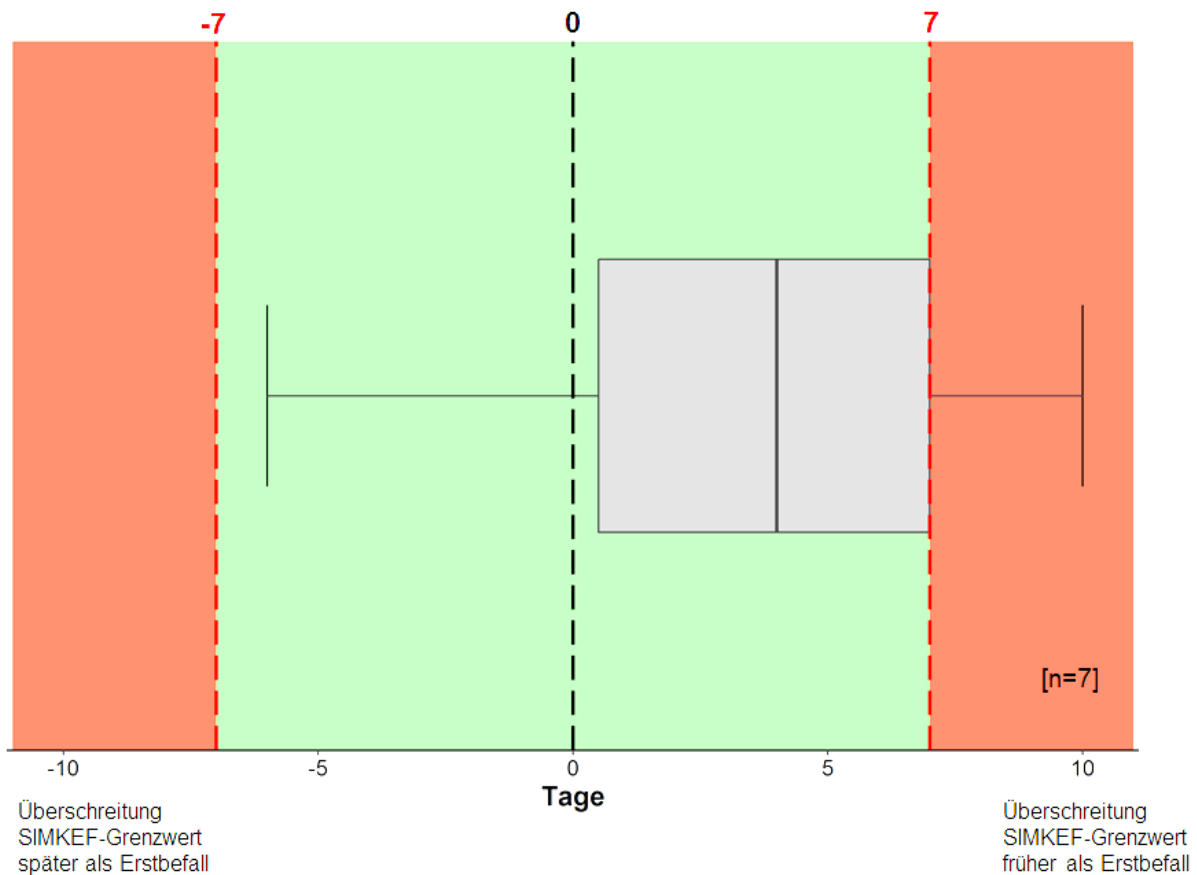


Abb. 83: Abweichung in Tagen zwischen Erstbefall in der Kultur ‚Brombeere‘ und der Überschreitung des SIMKEF-Grenzwertes, 2017 bis 2020

Himbeere

Die Abb. 84 zeigt die Verteilung der Abweichung in Tagen der Kultur ‚Himbeere‘. Im Mittel erfolgte der bonitierte Erstbefall 13 Tage nach der ersten Überschreitung des SIMKEF-Grenzwertes. Das Modell hat deutlich vor dem tatsächlichen Erstbefall gewarnt. Auch hier wurde aufgrund der geringen Stichprobengröße auf eine Darstellung der Einzeljahre verzichtet.

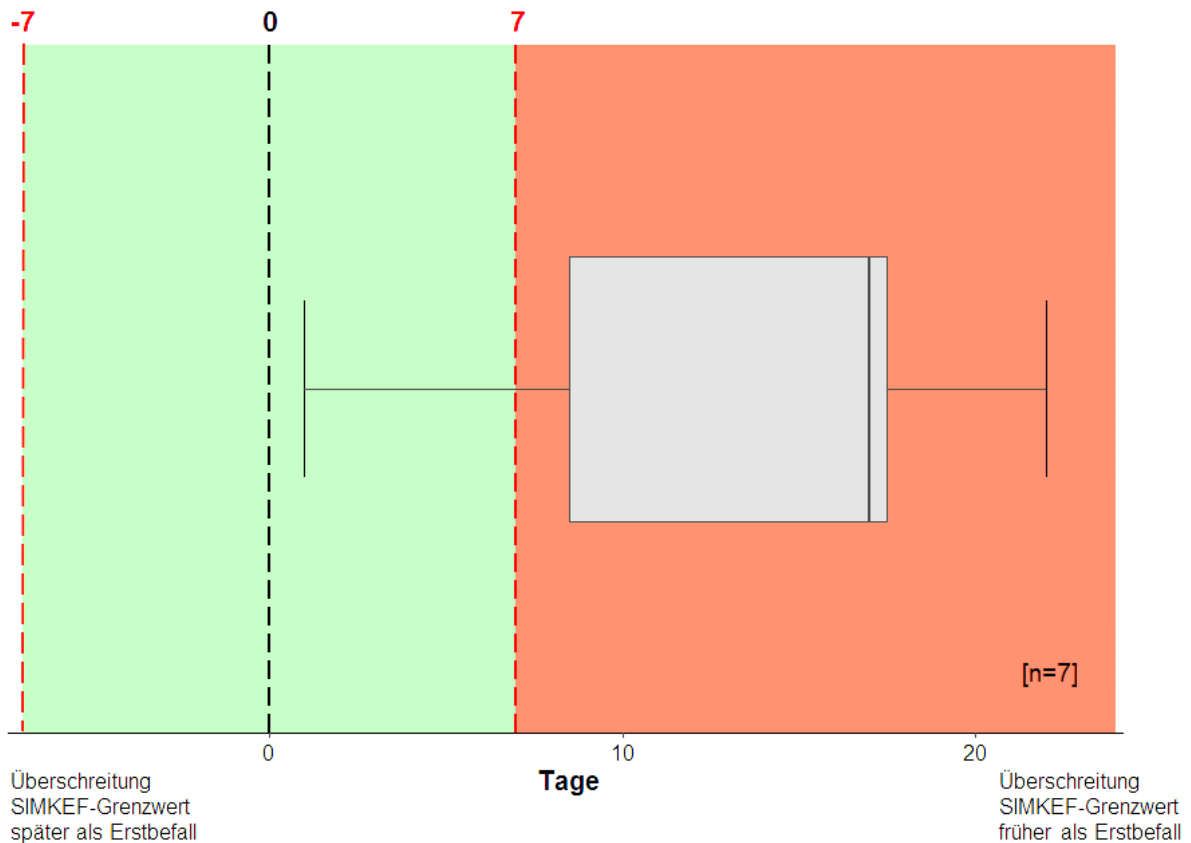


Abb. 84: Abweichung in Tagen zwischen Erstbefall in der Kultur ‚Himbeere‘ und der Überschreitung des SIMKEF-Grenzwertes, 2017 bis 2020

Weinreben

Die Evaluierung des EHS für die zwei Rotweinsorten ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘ zeigt für beide Sorten sehr gute Ergebnisse an. Die Abb. 85 stellt die Verteilung der Abweichungen in Tagen dar. Im Mittel erfolgte der bonitierte Erstbefall 4 Tage früher als die erste Grenzwertüberschreitung für ‚Portugieser‘ bzw. 2 Tage später für ‚Dornfelder‘. Die Tendenz im ‚Dornfelder‘ für einen leicht verspäteten Erstbefall im Vergleich zum Modellergebnis lässt sich gut anhand der Abb. 86 erklären. Hier sind die Abweichungen der Einzeljahre abgebildet. Das Jahr 2018 mit zum Teil sehr lang andauernden, extrem hohen Temperaturen ist für diese Tendenz verantwortlich. Die Abb. 87 zeigt die Verteilung der Abweichung in Tagen des ‚Portugieser‘ nach Jahren getrennt. Die Jahre 2016 und 2017 zeigen hier einen leicht verfrühten Befallsbeginn im Vergleich zum Modelloutput an.

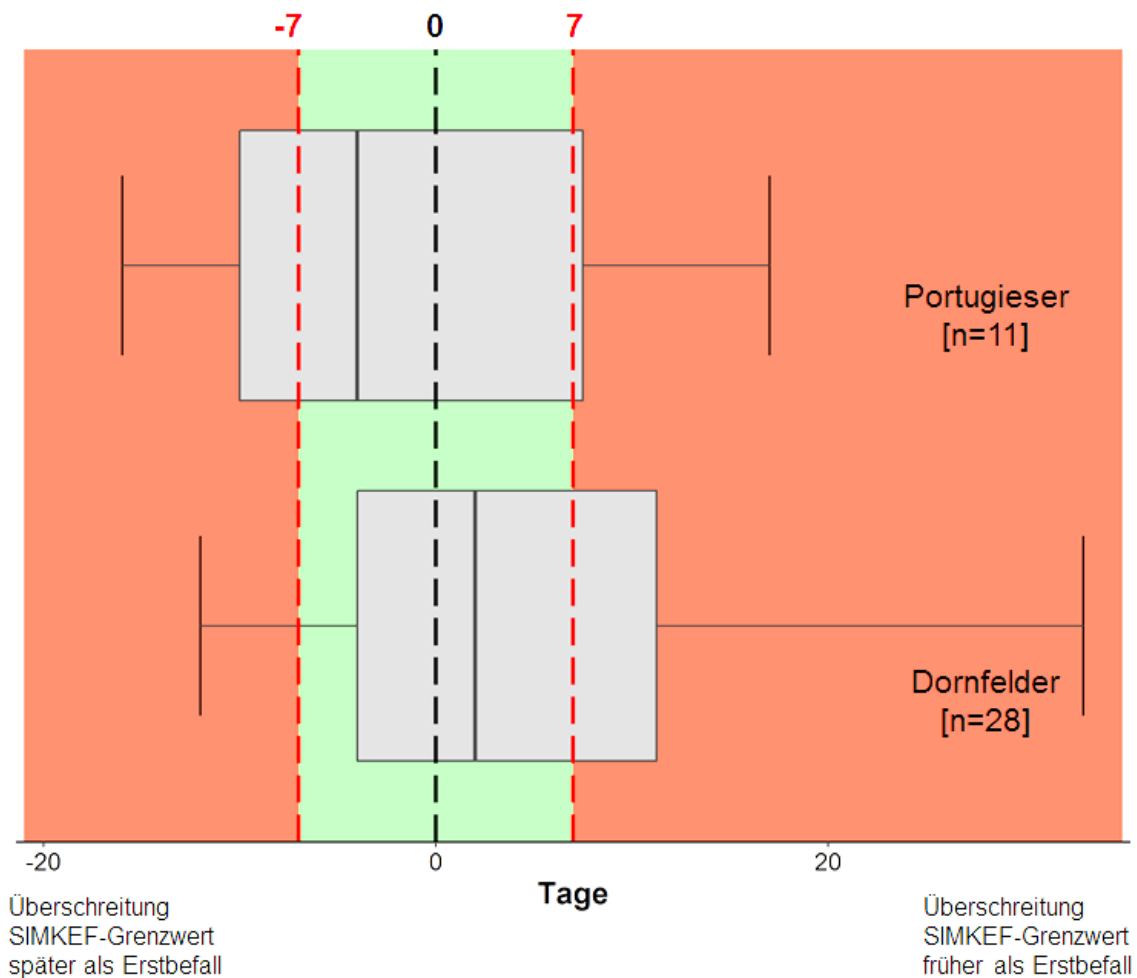


Abb. 85: Abweichung in Tagen zwischen der Überschreitung des SIMKEF-Grenzwertes und dem tatsächlich bonitierten Erstbefall in der Kultur Weinrebe, Sorten ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘; Standorte in D und CH; 2016 bis 2020

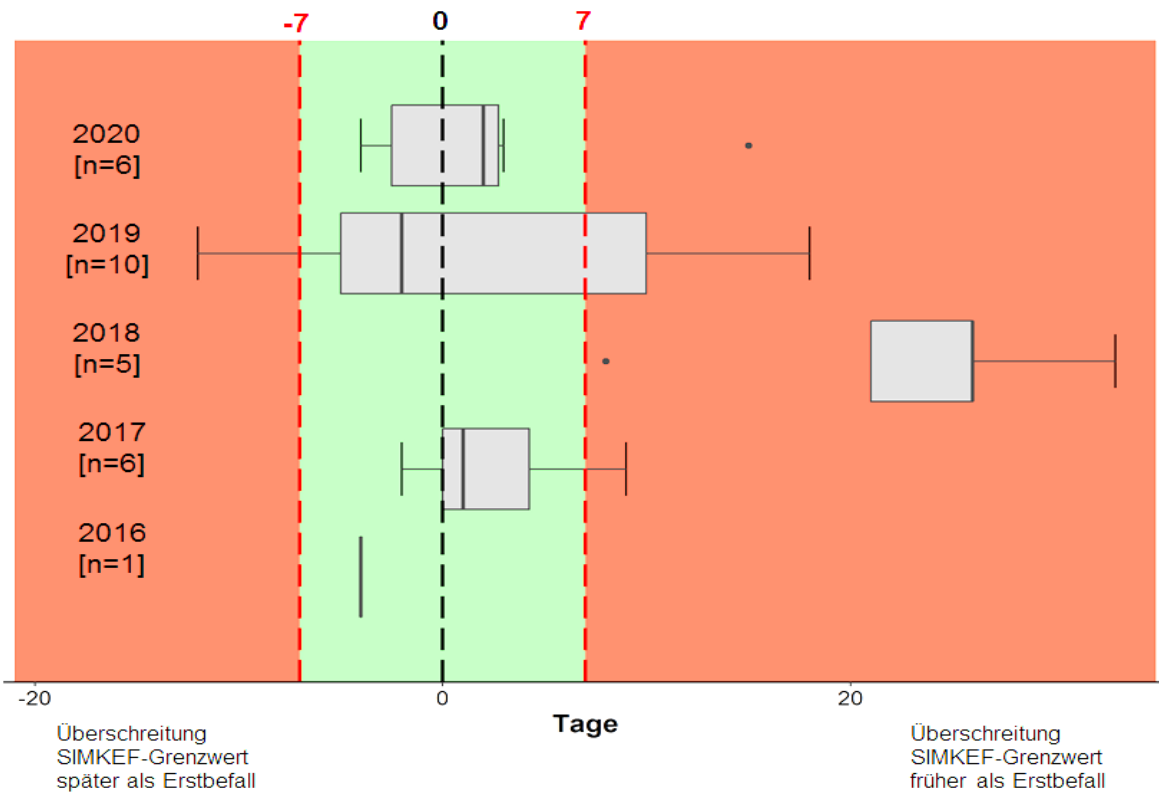


Abb. 86: Abweichung in Tagen zwischen der Überschreitung des SIMKEF-Grenzwertes und dem tatsächlich bonitierten Erstbefall in der Kultur Weinrebe, Sorte ‚Dornfelder‘ nach Jahren getrennt; Standorte in D und CH; 2016 bis 2020

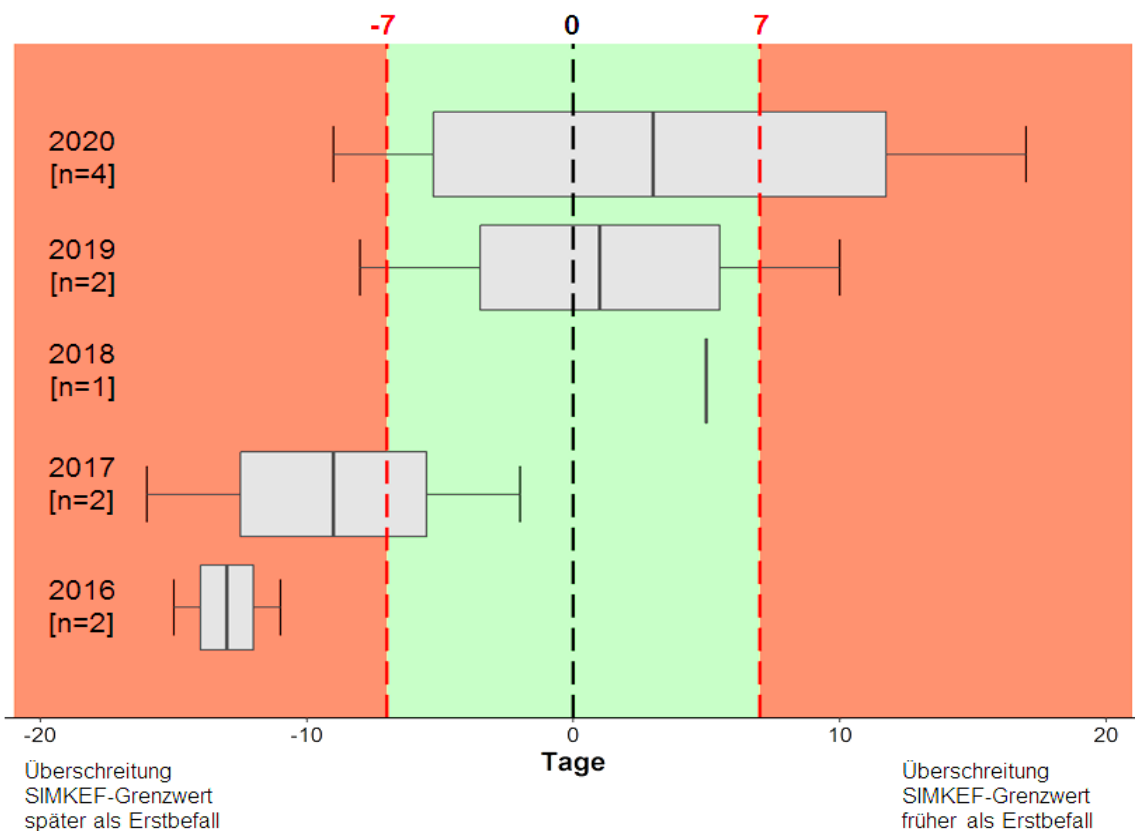


Abb. 87: Abweichung in Tagen zwischen der Überschreitung des SIMKEF-Grenzwertes und dem tatsächlich bonitierten Erstbefall in der Kultur Weinrebe, Sorte ‚Portugieser‘ nach Jahren getrennt; Standorte in D und CH; 2016 bis 2020

3.1.5.3 Modellevaluierung - Befallsverlauf

Während es in den kontinuierlich reifenden Kulturen ohne nachwachsende/nachreifende neue Früchte (z. B. Kirsche) zu keinem Rückgang der Befallshäufigkeit in neu belegten Früchten kommen kann und die Prognose des Risikos des ersten Befalls von entscheidender Bedeutung ist, kann es in den Beerenfrüchten während der langen Reifephase in den Sommermonaten aufgrund anhaltend hoher Temperaturen zu einer Verzögerung des Befallsanstiegs oder gar einem Rückgang der Befallshäufigkeit bei nachreifenden Früchten und damit neu belegten Früchten kommen. Geringere Aktivität adulter Fliegen bei hohen Temperaturen sowie höhere Hitzemortalität von präadulten *D. suzukii* Entwicklungsstadien (Ei, Larve, Puppe) in den Früchten können dazu beitragen.

Die Modellevaluierung des Befallsverlaufs während der Saison erfolgte anhand der unter Kapitel 2.2 skizzierten Monitoringdaten in der Kultur Brombeere. Die Auswertungen wurden mit den Früchten der BBCH-Stadien 85 bzw. 87 durchgeführt, da hier der Neubefall der Früchte in Bezug zur aktuellen Witterung am besten sichtbar wird.

Die Modellevaluierung zeigte einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Rückgang der Befallshäufigkeit nachreifender neuer Früchte und Phasen hoher und langer berechneter Hitzemortalität (Beispiele in Abb. 88). So gingen beispielsweise in der zweiten Julihälfte im Jahr 2020 die Werte von ca. 70 % Befallshäufigkeit infolge längerer Hitzeperioden auf 0 % zurück. In nachfolgenden Phasen günstigerer Witterung für die KEF stieg der Befall wieder an, der Prognosewert des Modells reagierte entsprechend. Die Abnahme der bonitierten Befallshäufigkeit in Bezug auf die Länge der Hitzeperiode ist in Tab. 18 für die verschiedenen Jahre aufgelistet. Dargestellt ist die bonitierte Befallshäufigkeit zu Beginn einer längeren Hitzeperiode, die bonitierte Befallshäufigkeit zum Ende der Hitzeperiode und die sich daraus errechnete Abnahme in Prozent. Diese liegt häufig bei über 70 %. Für die praktische Anwendung bedeutet dies, dass Pflanzenschutzmaßnahmen während dieser Hitzeperioden besser gesteuert bzw. eingespart werden können. Die im EHS SIMKEF integrierte 3-tägige Wettervorhersage hilft, Unterbrechungen von Hitzeperioden rechtzeitig im Blick zu haben.

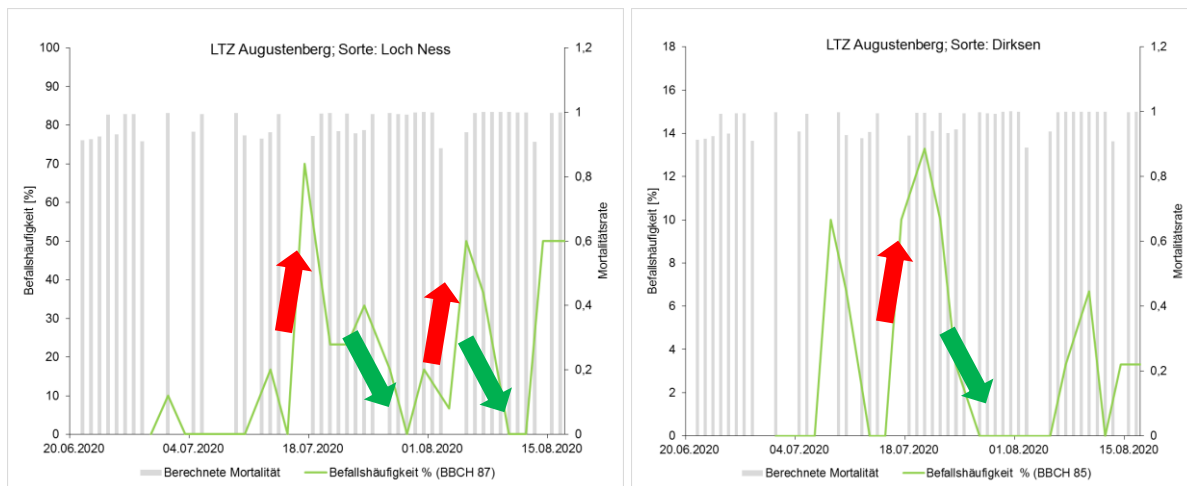


Abb. 88: Berechnete Mortalität durch SIMKEF und bonitierte Befallshäufigkeit in Brombeeren am Standort LTZ Augustenberg, 2020 (Beispiele Anstieg Befall: roter Pfeil; Abnahme Befall: grüner Pfeil)

Tab. 18: Eingangs- und Ausgangswerte der Befallshäufigkeit in Prozent zu Beginn und Ende einer berechneten Hitzeperiode sowie die berechnete prozentuale Abnahme und die zugehörige Dauer der Hitzeperiode, Brombeere, LTZ Augustenberg

Sorte/Jahr	Befallshäufigkeit (%) - Eingangswert	Tage Hitzeperiode	Befallshäufigkeit (%) - Ausgangswert	Abnahme um %
Loch Ness 2017	2,00	10	0,00	100,00
Dirksen 2017	40,00	11	16,00	60,00
Dirksen 2017	4,00	5	2,00	50,00
Dirksen 2017	6,00	9	2,00	66,67
Loch Ness 2018	6,67	8	0,00	100,00
Loch Ness 2018	16,67	32	0,00	100,00
Loch Ness 2018	13,33	9	3,33	75,00
Dirksen 2019	13,30	12	3,30	75,19
Dirksen 2020	10,00	2	6,70	33,00
Dirksen 2020	10,00	8	0,00	100,00
Loch Ness 2020	70,00	8	16,70	76,14
Loch Ness 2020	16,70	7	6,70	59,88
Loch Ness 2020	50,00	9	0,00	100,00

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Das entwickelte Entscheidungshilfesystem SIMKEF prognostiziert für die Wirtsfrüchte Süß-, Sauerkirsche, Him- und Brombeere sowie die Rebsorten Dornfelder und Portugieser schlagspezifisch und tagesaktuell das Befallsrisiko durch die Kirschessigfliege in Abhängigkeit der Temperatur und der Ontogenese der Wirtsfrucht. Bei Überschreitung eines kulturspezifischen Schwellenwertes wird ein Eiablagerisiko als wahrscheinlich eingestuft (simulierter Erstbefall). Es unterstützt damit zukünftig Berater und Landwirte bei der

Terminierung präziser Vermeidungs- und Bekämpfungsmaßnahmen, mit dem Ziel, Pflanzenschutzanwendungen gezielt einzusetzen und auf das notwendigste Maß zu reduzieren.

Das EHS SIMKEF wurde vom Unterauftragnehmer ISIP e.V. auf der Internetplattform www.isip.de eingerichtet und ist dort aktuell für die Beratung zugänglich. Die Modellevaluierung des Befallsbeginns in den Jahren 2016-2020 ergab in Süßkirschen eine sehr gute Übereinstimmung des Modells mit der tatsächlichen Befallssituation. Im Mittel erfolgte der bonitierte Erstbefall 4 Tage nach der Erstüberschreitung des SIMKEF-Schwellenwertes. Auch für die beiden Rebsorten ‚Dornfelder‘ und ‚Portugieser‘ konnten gute Ergebnisse erzielt werden: Hier erfolgte der Erstbefall im Mittel 2 Tage nach der ersten simulierten Grenzwertüberschreitung bei der Rebsorte ‚Dornfelder‘ und 4 Tage vor der ersten simulierten Grenzwertüberschreitung bei der Rebsorte ‚Portugieser‘. Im Hinblick auf den praktischen Einsatz des EHS SIMKEF ist die rechtzeitige Risikoausgabe damit gewährleistet und Maßnahmen können zielgerichtet unmittelbar vor/mit der ersten Eiablage stattfinden.

Zusätzlich erfolgte die Überprüfung des EHS hinsichtlich der Befallsentwicklung. Die Modellvalidierung zeigte einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Rückgang der Befallshäufigkeit in nachreifenden Früchten und Phasen hoher und langer berechneter Hitzemortalität durch das EHS. So gingen bspw. im Juli 2018 die Befallswerte von über 20 % Befallshäufigkeit infolge langer Hitzephasen auf 0 % bei nachreifenden Früchten zurück. In nachfolgenden Phasen günstigerer Witterung für die KEF stieg der Befall wieder an, der Prognosewert des Modells reagierte entsprechend. Der Beratung und dem Landwirt ist es damit möglich, in den, durch das Modell prognostizierten Hitzephasen, Monitoringmaßnahmen gezielter zu steuern und auf Behandlungen zu verzichten, da nicht mit einem Befallsanstieg gerechnet werden muss.

Die ZEPP führte im Frühjahr 2021 ein bundesweites Online-Seminar für die Beratung (Obstbau) durch, um das EHS SIMKEF in der praktischen Nutzung vorzustellen und die Funktionsweise im Detail zu erläutern. Damit konnte ein erweiterter Beraterkreis angesprochen und das EHS in die Praxis eingeführt werden. In diesem Rahmen soll es mit weiteren Datensätzen validiert werden und im nächsten Schritt auch dem Anbauer direkt zugänglich gemacht werden. Ein weiteres Online-Seminar für die Beratung im Weinbau ist rechtzeitig vor der Fruchtreife im Sommer geplant.

4. Zusammenfassung

Hauptziel des Verbundprojektes war es, den Entwicklungszyklus der KEF (Ei bis adultes Tier) und die Einflüsse der wichtigsten meteorologischen Faktoren (Temperatur, relative

Luftfeuchtigkeit) sowie den Einfluss des Lebensraums auf den Befallsverlauf von *D. suzukii* zu beschreiben bzw. funktional zu erfassen. Diese Untersuchungen dienten der Erstellung des Entscheidungshilfesystems SIMKEF zur Berechnung der relativen Populationsgröße von *D. suzukii* für die wichtigsten Wirtsfrüchte Süß-, und Sauerkirsche, Brom-, und Himbeere und die beiden Rotweinsorten ‚Dornfelder und ‚Portugieser‘.

Der Output des EHS SIMKEF liefert

- eine Orientierungsgrundlage für die Beratung,
- eine Aussage zum Erstauftreten und damit die Möglichkeit der Steuerung von Überwachungs-, Bekämpfungs- und Vermeidungsmaßnahmen sowie
- eine Aussage zum Befallsrisiko und damit die bessere Einschätzung der Bekämpfungsnotwendigkeit und die Möglichkeit einer gezielteren Steuerung des Erntezeitpunktes.

Im Rahmen des Verbundprojektes konnte gezeigt werden, dass sich das oben beschriebene Ziel des Projektes erreichen lässt, sofern ausreichend Versuchs- und Monitoringdaten zur Verfügung stehen. Für die wichtigsten Wirtsfrüchte Süß- bzw. Sauerkirsche, Himbeere, Brombeere und Keltertrauben ergaben sich sehr erfolgreiche Modellergebnisse zur Prognose des Befallsrisikos bzw. zur Vorhersage des Termins der ersten Eiablage im Bestand. Das entwickelte EHS SIMKEF berechnet einen Risikoindex, der eine Verknüpfung der Risikowerte der einzelnen Module (Überwinterung, Populationsdynamik, Ontogenese der Wirtsfrucht) darstellt. Anhand dieses berechneten SIMKEF-Risikoindex konnten Korrelationen zum tatsächlichen Befall gefunden werden. Somit ist eine Aussage zum Anstieg des SIMKEF-Risikoindex bis zu einem Grenzwert möglich, bei dem es zu einem ersten Befall im Bestand kommen kann. Während es in den kontinuierlich reifenden Kulturen, bspw. den Kirschen, zu keinem Rückgang der Befallshäufigkeit kommen kann und die Prognose des Risikos des ersten Befalls von entscheidender Bedeutung ist, kann es in den Beerenfrüchten während der langen Reifephase neuer Früchte in den Sommermonaten, aufgrund anhaltend hoher Temperaturen, zu einer Verzögerung des Befallsanstiegs oder gar einem Rückgang der Befallshäufigkeit bei nachreifenden neuen Früchten kommen. Auch hier konnte ein guter Zusammenhang zwischen den durch SIMKEF prognostizierten Phasen hoher Hitzemortalität und dem Rückgang der Befallshäufigkeit aufgezeigt werden.

Die Basis des entwickelten EHS SIMKEF bildete das in allen Projektjahren durchgeführte umfangreiche Monitoring zum Auftreten von *D. suzukii*. Das Auftreten wurde bei wöchentlichen Bonituren der Flugaktivität und zum Zeitpunkt reifer Wirtsfrüchte auch mittels Fruchtproben dokumentiert, wobei der Schwerpunkt auf dem Befallsmonitoring der Früchte lag. Die Fruchtbonituren wurden teilweise bis zu 3x wöchentlich durchgeführt. Untersucht wurde das

Auftreten sowohl in kultivierten Wirtsfrüchten, sowie auch in angrenzenden Wald- und Heckenbereichen mit nicht-kultivierten Wirtsfrüchten. Diese Untersuchungen dienten zur Erfassung des Aufbaus der Population während der Reifephase der unterschiedlichen Wirtsfrüchte. Die im Rahmen des Monitorings der drei Verbundpartner gewonnenen Daten wurden um eine Vielzahl weiterer Datensätze anderer Institutionen ergänzt. Im Rahmen des Projektes wurde daher eine umfangreiche Datenabfrage bei anderen Partnern aus Wissenschaft und Beratung durchgeführt.

Neben den Tätigkeiten im Freiland wurde bei allen Verbundprojektpartnern je eine Laborzucht der Kirschessigfliege betreut. Zur Verifizierung bzw. genaueren Parametrisierung bereits existierender Ergebnisse aus der Literatur, war die Durchführung von Laborversuchen mit einheimischen Populationen von elementarer Bedeutung. Mit den Versuchsergebnissen war es möglich, die Literaturdaten aus anderen geoklimatischen Regionen hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf eine im Projektgebiet regionale Population sowie die Repräsentativität, der aus der wissenschaftlichen Literatur entnommenen Daten, einzuordnen. Generell konnten mit den vorliegenden Ergebnissen die Daten aus der Literatur bestätigt werden. Abweichungen in den absoluten Zahlen zeigten allerdings, dass die unterschiedlichen Fliegenpopulationen, Laborbedingungen und Versuchsmethoden einen großen Einfluss auf die Ergebnisse haben können. Daher war es wichtig, Daten unter regionalen Bedingungen zu generieren und somit ein Gesamtbild zur Populations- und Befallsentwicklung zu erhalten, welche dann in das EHS SIMKEF integriert wurden. Aus den Laborversuchen zur Abhängigkeit der Eiablage von der Luftfeuchte sowie des Überlebens der Puppen von Hitze resultierte nur eine schwache Korrelation. Daher fanden diese Faktoren keine Berücksichtigung im Modell.

Im Zusammenhang mit den Hitzemortalitätsversuchen im Labor wurden Temperaturmessungen an Kulturfrüchten im Freiland durchgeführt, um die spätere Integration in das EHS zu ermöglichen. In Halbfreilandversuchen wurden die Temperaturen von Süß- und Sauerkirschen, Brombeeren sowie Weinbeeren von je einer Sonnen- und einer Schattenfrucht auf der Sonnen- sowie auf der Schattenseite gemessen. Die Ergebnisse wurden mit Lufttemperaturdaten der nächsten, repräsentativen Wetterstation verglichen. Es zeigten sich Unterschiede von bis zu 15 °C zur Fruchttemperatur. Aus den erhobenen Daten konnte eine Funktion zur Berechnung der Fruchttemperatur aus Wetterdaten entwickelt und als Submodul in die Berechnung der Mortalität integriert werden.

Die Konzepterstellung des EHS SIMKEF wurde zu Projektbeginn mittels Daten aus der wissenschaftlichen Literatur erstellt. Unter Einbeziehung der Ergebnisse aus Laborversuchen und den im Rahmen des Projektes gewonnenen Monitoringdaten wurde das EHS SIMKEF kontinuierlich verifiziert bzw. angepasst.

Ziel des Risikomoduls war es, durch *D. suzukii* besonders gefährdete Anbauflächen zu Beginn der Saison auf Grundlage von Habitat- und Klimafaktoren (temperaturabhängige Mortalität) zu identifizieren und das Risikopotential flächendeckend zu berechnen. Hierfür wurden Fallenfänge von *D. suzukii* aus Essigfallen hinsichtlich der Fangzahlen vor, während und nach der Winterperiode analysiert. Bei den Auswertungen zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Witterungsparameter. Lange Kälteperioden/Frostperioden im Winter wirken sich lange auf die Populationsdynamik im Frühjahr und Sommer aus. Die anderen untersuchten Einflussfaktoren zum Habitat zeigen allerdings keine kontinuierliche statistische Signifikanz und sind daher nicht robust genug, um sinnvoll in das EHS integriert zu werden.

Die Implementierung des EHS in das ISIP-Framework wurde durchgeführt. Ab 2021 steht der Beratung eine Online-Version für die oben genannten Wirtsfrüchte zur Verfügung. Eine Freigabe für Obstbauern soll nach dem Test mit der Beratung und einer weiteren Optimierung in den nächsten Jahren erfolgen.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen (mit Hinweisen auf weitere Fragestellungen)

Das Hauptziel des Verbundprojektes, die Erstellung eines EHS zur Prognose des Risikos eines Befalls durch *D. suzukii* in unterschiedlichen Wirtsfrüchten konnte wie geplant umgesetzt werden. Bei der Erarbeitung der Basisdaten zur Erstellung des EHS kam es zu einigen Abänderungen der Arbeitsschwerpunkte.

Bereits im ersten Projektjahr zum Ende der Saison 2016 stellte sich heraus, dass die Fangzahlen der Essigfallen im Monitoring während der Fruchtreife keinen Bezug zum tatsächlichen Befallsverlauf der Früchte aufweisen. Daher wurde der Schwerpunkt ab 2017 auf ein Befallsmonitoring der Früchte verlegt. Das Auftreten adulter Fliegen wurde bei wöchentlichen Bonituren mittels Essigfallen und zusätzlich zum Zeitpunkt reifer Wirtsfrüchte mittels Fruchtproben, die teilweise mehrmals wöchentlich durchgeführt wurden, dokumentiert. Dies erhöhte den Arbeitsaufwand erheblich, sodass der Fokus der Untersuchungen auf von den Verbundpartnern gemeinsam ausgewählte Kulturen gelegt wurde. Diese Kulturen waren Kirsche, Himbeere, Brombeere und rote Weinbeeren. Hinzu kam, dass geeignete Daten zum Fruchtbefall außerhalb des Projektes nur in geringem Umfang akquiriert werden konnten. Daher musste der überwiegende Anteil an Daten zur Modellerstellung bzw. -validierung innerhalb des Projektes erhoben werden und es stand nicht, wie ursprünglich mit den Daten aus Essigfallen geplant, eine breite Datenbasis von dritter Seite zur Verfügung. Daher war die Datenerhebung innerhalb der Projektlaufzeit für eine gute Validierungsbasis für alle Wirtsfrüchte nicht ausreichend. Im Rahmen der Projektverlängerung in den Jahren 2019 und

2020 war es notwendig, zusätzliche Befallsdaten der bereits fokussierten Kulturen zu erheben, um eine solide Datenbasis zur Verifizierung des EHS SIMKEF zur Verfügung zu haben.

Das Jahr 2018 zeigte im Freiland deutlich höhere Temperaturen mit langen Hitzeperioden, die sich auch deutlich auf das Befallsgeschehen auswirkten. Das Arbeitspaket zur Korrelation der tatsächlichen Fruchttemperaturen in den Obstanlagen mit den durch die Wetterstationen gemessenen Temperaturen wurde daher als neuer Arbeitsschwerpunkt aufgenommen. Dieses neue Modell war zur Deutung der Ergebnisse der Hitzemortalitätsversuche von entscheidender Bedeutung.

Bei den Laborversuchen kristallisierte sich bereits in einer frühen Phase der Projektlaufzeit heraus, dass die Eiablage trotz standardisierter Versuchsbedingungen in den Laboren der Verbundpartner nicht im erforderlichen Maß abgeglichen werden konnte. Methodisch war es daher nicht möglich, wie ursprünglich geplant, die Versuche zu den temperatur- und luftfeuchtespezifischen Entwicklungsbedingungen zwischen den Projektpartnern aufzuteilen und im Anschluss gemeinsam für die Modellierung auszuwerten. Nur eine vollständig durchgeführte Versuchsreihe in einem Labor, die das komplette Temperatur- und Luftfeuchtespektrum abdeckt, konnte mathematisch/statistisch analysiert werden. Anders als geplant, wurden die Versuchsreihen zur Mortalität, unter extremen Hitze- und Kältebedingungen, daher schwerpunktmäßig bei der ZEPP und am LTZ Augustenberg durchgeführt. Die Versuchsreihen zur temperatur- und luftfeuchteabhängigen Entwicklung wurden am DLR Rheinpfalz durchgeführt.

Die geplante Modellierung zur Überwinterung in Abhängigkeit des Habitats und der Temperatur konnte mit einem Datensatz aus sieben Jahren und Daten von 390 Essigfallen ausgewertet werden. Die Auswertung der Daten zeigte, dass lange Perioden mit kontinuierlichen stündlichen Temperaturen unter 8 °C bzw. mit Tagesminimumtemperaturen unter 0 °C zu einem geringeren Auftreten an adulten Tieren im Frühjahr bis Sommer führen. Die ausgewerteten Parameter zum Habitat zeigen hingegen nur tendenzielle statistische Einflüsse. Dies kann in der Anlage der erhobenen Monitoringdaten oder auch in der Datenstruktur der verwendeten ATKIS-Daten zugrunde liegen. Letztere führen zu der Annahme, dass sie nicht detailliert genug sind, um Rückschlüsse zuzulassen. In den 5 Projektjahren konnte festgestellt werden, dass z. B. auch die Struktur der Hecke (verschiedene Pflanzenarten mit wilden Wirtsfrüchte, Reifung der wilden Wirtsfrüchte, etc.) von entscheidender Bedeutung ist. Des Weiteren spielen Anbaufaktoren beim Auftreten der Kirschessigfliege eine wichtige Rolle (SANTOITEMMA et al., 2020). Zum Beispiel können Faktoren wie Unterwuchs in der Anlage überlagernd wirken. Aus der Literatur sind ähnliche Ergebnisse bekannt. Während einige Studien einen Einfluss des umliegenden Habitats aufzeigen konnten (z. B. KENIS et al., 2016; KLICK et al., 2015; PELTON et al., 2016;

SANTOIEEMMA et al., 2019), geben andere Studien keinen solchen entscheidenden Einfluss an (SANTOIEEMMA et al., 2020). Aufgrund der eigenen Auswertungen und den ebenfalls in der Literatur gegensätzlich dargestellten Ergebnissen, wird das Habitat in der praktischen Anwendung von SIMKEF in der aktuellen Version nicht wie geplant einfließen. Der Eingang detaillierterer Inputparameter des Habitats, wie beispielsweise Satellitendaten, könnten hier neue Erkenntnisse liefern. Sollten diese zukünftig flächendeckend zur Verfügung stehen, wäre eine erneute Auswertung der Daten sinnvoll.

Bei Betrachtung des Einflusses der Luftfeuchte auf die Populationsdynamik, zeigte dies auf die Eiablage rate in den Versuchen keinen signifikanten Einfluss. Tendenziell stieg die Eiablage rate mit steigender Luftfeuchte zwar an, jedoch wurde diese Korrelation als zu schwach eingestuft, um im Modell Verwendung zu finden. Bei den durchgeführten Eiablageversuchen mit verschiedenen Luftfeuchte- und Temperaturkombinationen zeigte sich lediglich im optimalen Temperaturbereich um die 28 °C ein positiver Effekt steigender Luftfeuchte auf die Eiablage (Verdopplung der Eiablage bei 80 % rel. Luftfeuchte im Vergleich zu 40 % rel. Luftfeuchte), während im sub- (15 °C, 18 °C) und supraoptimalen Temperaturbereich (32 °C) keine Effekte auf die Eiablage zu erkennen waren. Eine durchgeführte Sensitivitätsanalyse zeigte zudem keinen Einfluss steigender Luftfeuchte im optimalen Temperaturbereich für das Gesamtmodell. Die Luftfeuchte wird daher im EHS SIMKEF, nicht wie ursprünglich geplant, berücksichtigt.

Der Stand des Wissens auf dem Gebiet von *D. sukii* ist nach wie vor sehr dynamisch, daher erfolgte eine fortlaufende Sichtung der aktuellen wissenschaftlichen Literatur. Auch zukünftig ist damit zu rechnen, dass neue Erkenntnisse eine Erweiterung des bzw. Veränderungen im EHS SIMKEF notwendig machen.

Literaturverzeichnis

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2015): Documentation on the Modelling of Geoinformation of Official Surveying and Mapping (GeoInfoDok). <http://www.adv-online.de/Publications/AFIS-ALKIS-ATKIS-Project/binarywriterservlet?imgUid=8e1708ee-765f-8551-2357-c133072e13d6&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>. Zugriff: 23 October 2017
- Bartels, H.; Weigl, E.; Reich, T.; Lang, P.; Wagner, A.; Kohler, O.; Gerlach, N. (2004): Projekt RADOLAN - Routineverfahren zur Online-Aneichung der Radarniederschlagsdaten mit Hilfe von automatischen Bodenniederschlagsstationen (Ombrometer), Offenbach
- Berry, J.; Bjorkman, O. (1980): Photosynthetic Response and Adaptation to Temperature in Higher Plants. In: Annual Review of Plant Physiology **31**, 491–543.
- Berry, J. A. (1975): Adaptation of photosynthetic processes to stress. In: Science **188**, 644–650.
- Burrack, H.; Smith, J.; Pfeiffer, D.; Koeher, G.; Laforest, J. (2012): Using volunteer-based networks to track *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) an invasive pest of fruit crops. In: Journal of Integrated Pest Management **3**, 1-5.
- CABI (2014): Datasheet - *Drosophila suzukii*, Invasive Species Compendium, CAB International, Wallingford
- Cini, A.; Anfora, G.; Escudero-Colomar, L. A.; Grassi, A.; Santosuosso, U.; Seljak, G.; Papini, A. (2014): Tracking the invasion of the alien fruit pest *Drosophila suzukii* in Europe. In: *Journal of Pest Science* **87** (4), 559–566.
- Cini, A.; Ioratti, C.; Anfora, G. (2012): A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and draft research agenda for integrated pest management. In: Bulletin of Insectology **65**, 149-160.
- Dalton, D.T.; Walton, V. M.; et al. (2011): Laboratory survival of *Drosophila suzukii* under simulated winter conditions of the Pacific Northwest and seasonal field trapping in five primary regions of small and stone fruit production in the United States. In: Pest Management Science **67**, 1368–1374.
- Dawson, T. (2015): Plant Ecophysiology. Integrative Biology 151. Lecture Topic 6. College of Letters and Science, University of California, Berkeley.
- Geiger, D. R. (1994): International Lighting in Controlled Environments Workshop. General lighting requirements for photosynthesis. University of Wisconsin CP-95-3309, 3–18. Online verfügbar unter <http://biology.mcgill.ca/Phytotron/LightWkshp1994/index.htm>.
- Hauser, M. (2011): A historic account of the invasion of *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae) in the continental United States, with remarks on their identification. In: Pest Management Science **67**, 1352-1357.
- Jarausch, W.; Jarausch, B.; Alexander, S; (2016): Analyse der Überwinterung der Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) an einem Überwinterungsstandort in der Pfalz. In: Julius Kühn-Institut (ed) Tagungsband // 60. Deutsche Pflanzenschutztagung: 20.-23. September 2016, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg : Kurzfassungen der Vorträge und Poster. Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg, 488–489.
- Kaçar G, Wang XG, Stewart TJ, Daane KM (2016) Overwintering survival of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) and the effect of food on adult survival in California's San Joaquin Valley. Environmental Entomology 45:763-771. Doi:10.1093/ee/nvv182

- Kanzawa, T. (1939): Studies on *Drosophila suzukii* Mats. Kofu. In: Review of Applied Entomology **29**, 622.
- Kim, M. J.; Kim, J. S.; Park, J. S.; Choi, D.-S.; Park, J.; Kim, I. (2015): Oviposition and development potential of the spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae), on uninjured Campbell Early grape. In: Entomological Research **45**, 354–359.
- Kinjo, H.; Kunimi, Y.; Nakai, M. (2014): Effects of temperature on the reproduction and development of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). In: Applied Entomology and Zoology **49**, 297–304.
- Kenis, M.; Tonina, L.; et al., (2016): Non-crop plants used as hosts by *Drosophila suzukii*. In: Journal of Pest Science **89** (3), 735-748.
- Klick, J.; Yang, W. Q.; et al. (2016): Distribution and activity of *Drosophila suzukii* in cultivated raspberry and surrounding vegetation. In: Journal of Applied Entomology **140** (1-2), 37-46.
- Köppler, K.; Vogt, H. (2015): Bericht zum 3. Treffen der Arbeitsgruppe Kirschessigfliege, Arbeitsgruppe Kirschessigfliege, Obstbau Freiburg.
- Lavrinenko, A.; Kesäniemi, J.; Watts, P. C.; Serga, S.; Pascual, M.; Mestres, F.; Kozeretska, I. (2017): First record of the invasive pest *Drosophila suzukii* in Ukraine indicates multiple sources of invasion. In: Journal of Pest Science **90** (2), 421–429.
- Lee, J. C.; Bruck, D. J.; Dreves, A. J.; Ioriatti, C.; Vogt, H.; Baufeld, P. (2011): In Focus: Spotted wing drosophila, *Drosophila suzukii*, across perspectives. In: Pest Management Science **67**, 1349-1351.
- Lorenz, D. H.; Eichhorn, K. W.; Bleiholder, H.; Klose, R.; Meier, U. (1994). Phänologische Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*). Codierung und Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala. In: Wein-Wissenschaft, **49** (2), 66-70.
- Mazzetto F, PansaMG, Ingegno BL, Tavella L, Alma A (2015) Monitoring of the exotic fly *Drosophila suzukii* in stone, pome and soft fruit orchards in NW Italy. Journal of Asia-Pacific Entomology 18:321-329
- Meier, U. (2001): Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen BBCH Monografie 2. Auflage, bearbeitet von Uwe Meier Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft
- Pelton, E.; Gratton, C.; et al. (2016): Earlier activity of *Drosophila suzukii* in high woodland landscapes but relative abundance is unaffected. In: Journal of Pest Science **89** (3), 725–733.
- Racca, P.; Richerzhagen, D.; Kuhn, C.; Kleinhenz, B.; Hau, B. (2012): SIMONTO-Raps und SIMPHOMA, zwei neue Prognosemodelle für die Ontogenese und die Wurzelhals- und Stängelfäule (*Phoma lingam*) des Winterrapses (Poster). In: Julius Kühn-Institut (Hg.): Conference Proceedings. 58. Deutsche Pflanzenschutztagung. Braunschweig, 10. - 14. September 2012: Julius Kühn-Institut, (438), 437–438.
- Ryan, G. D.; Emiljanowicz, L.; Wilkinson, F.; Kornya, M.; Newman, J. A. (2016) Thermal tolerances of the Spotted-Wing Drosophila *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). J. Econ. Entomol.:tow006
- Santoemma, G.; Trivellato, F.; Caloi, V.; Mori, N.; Marini, L. (2019): Habitat preference of *Drosophila suzukii* across heterogeneous landscapes. In: Journal of Pest Science. **92**. 485-494.
- Santoemma, G.; Tonina, L.; Marini, L.; Duso, C.; Mori, N. (2020): Integrated management of *Drosophila suzukii* in sweet cherry orchards. In: Entomologia Generalis. **40**. 297-305.
- Schirra, K.; Alexander, S. (2014): Gefahr für gesunde Trauben. In: Landwirtschaftliches Wochenblatt **34**, 42-43.

Tochen, S.; Dalton, D. T.; et al. (2014). Temperature-related development and population parameters for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) on cherry and blueberry. In: Environmental entomology **43** (2), 501-510.

Tochen, S.; Woltz, J. M.; et al. (2015): Humidity affects populations of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in blueberry. In: Journal of Applied Entomology **140** (1-2), 47-57.

Wallingford, A. K.; Lee, J. C.; Loeb, G. M. (2016): The influence of temperature and photoperiod on the reproductive diapause and cold tolerance of spotted-wing drosophila, *Drosophila suzukii*. In: Entomologia experimentalis et applicata **159**, 327–337.

Wiman, N. G., Walton, V. M., Dalton, D. T., Anfora, G., Burrack, H. J., Chiu, J. C., & Loriatti, C. (2014). Integrating temperature-dependent life table data into a matrix projection model for *Drosophila suzukii* population estimation. PLoS one, 9(9), e106909.

Winkler, A., Jung, J., Kleinhenz, B., & Racca, P. (2021). Estimating temperature effects on *Drosophila suzukii* life cycle parameters. In: Agricultural and Forest Entomology.

Zeuner T. (2007): Landwirtschaftliche Schaderregerprognose mit Hilfe von Geographischen Informationssystemen. Johannes Gutenberg Universität Mainz: 199.

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1:	ZUSAMMENSETZUNG DES DATENSATZES ZU ESSIGFALLENFÄNGEN IN ABHÄNGIGKEIT VOM HABITAT (STAND: 31.12.2020)	6
ABB. 2:	ZUSAMMENSETZUNG DES DATENSATZES ZU ESSIGFALLENFÄNGEN IN OBSTANLAGEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER KULTURGRUPPE (STAND: 31.12.2020)	7
ABB. 3:	ZUSAMMENSETZUNG DES DATENSATZES ZU ESSIGFALLENFÄNGEN IN WEINBERGEN IN ABHÄNGIGKEIT VON DER REBSORTE (STAND: 31.12.2020)	7
ABB. 4:	PROZENTUALER ANTEIL AN GANZJÄHRIG BZW. SAISONAL BETREUTEN ESSIGFALLEN PRO JAHR DES GESAMTDATENSATZES (INTERNE UND EXTERNE DATENERHEBUNGEN), STAND: 31.12.2020	8
ABB. 5:	MONITORINGSTANDORTE VON <i>D. SUZUKII</i> (ESSIGFALLEN UND/ODER BEFALLSMONITORING) DER DREI VERBUNDPARTNER IN RHEINLAND-PFALZ UND BADEN-WÜRTTEMBERG IN DEN JAHREN 2016-2020	9
ABB. 6:	IM BEFALLSMONITORING OBST UNTERSUCHTE REIFEGRUPPEN DER KULTUREN KIRSCHEN, HIMBEERE UND BROMBEERE	10
ABB. 7:	DURCHFÜHRUNG BEFALLSBONITUR ‚KIRSCHEN‘: DREI BONITIERT REIFEGRUPPEN ‚SAUERKIRSCHEN‘ (OBEN LINKS), EINZELNE FRÜCHTE IN PROBEBECHER FÜR INKUBATION (OBEN RECHTS), GEÖFFNETE FRUCHT IN SALZWASSER (UNTEN LINKS), NAHAUFNAHME EINER EIBLAGE IN DIE SCHALE EINER SÜßKIRSCHEN (UNTEN RECHTS)	12
ABB. 8:	BONITUR ‚WEINBEEREN‘: VON KEF BEFALLENE FRÜCHTE AM REBSTOCK (OBEN LINKS), PROBE FÜR EIBLAGEBONITUR ‚DORNFELDER‘ (OBEN RECHTS), ZERSTOßENE WEINBEEREN (UNTEN LINKS), TRAUBENSaft ‚PORTUGIESER‘ UND ‚DORNFELDER‘ FÜR MOSTGEWICHTSMESSUNG (UNTEN RECHTS)	13
ABB. 9:	BBCH-STADIEN HIMBEEREN, VON LINKS NACH RECHTS: BBCH 81, BBCH 85, BBCH 89	14
ABB. 10:	BBCH-STADIEN BROMBEEREN, VON LINKS NACH RECHTS: BBCH 81, BBCH 85, BBCH 87, BBCH 89	14
ABB. 11:	PRÄZISIONS-SEKUNDEN-THERMOMETER ZUR MESSUNG DER TEMPERATUR IM FRUCHTFLEISCH VON KIRSCHEN UND (WEIN-)BEEREN (LINKS), TINYTAG-LOGGER (RECHTS); BEISPIEL SÜßKIRSCHENLAGE, HEIDESHEIM AM RHEIN, 2019	21
ABB. 12:	AUFBAU DER FRUCHTTTEMPERATURMESSUNGEN (SONNENFRÜCHTE) IN SÜßKIRSCHEN (LINKS UND RECHTS OBEN, 2018), IN NOCH ROTEN BROMBEEREN (UNTEN LINKS, 2020) UND IN WEINBEEREN (UNTEN RECHTS, 2018)	22
ABB. 13:	BEISPIELHAFTER VERLAUF EINER TEMPERATURMESSUNG ÜBER 24 STUNDEN IN SONNEN- UND SCHATTENEXPONIERTE WEINBEEREN DER SORTE ‚DORNFELDER‘ AM STANDORT RUPPERTSBERG, SOWIE VERGLEICH ZUR LUFTTEMPERATUR [°C] DER NÄCHSTGELEGENEN WETTERSTATION (WS) UND MITTELS DATENLOGGER („TINYTAG“) AM STANDORT UND VERGLEICH ZUR GLOBALSTRAHLUNG [W/M ²] (GEMESSEN AN WETTERSTATION), 09./10.08.2020	23
ABB. 14:	AUFBAU DES KAMERAVERSUCHS ZUR AKTIVITÄTSMESSUNG IM HALBFREILANDVERSUCH (LINKS DIE DREI IDENTISCHEN VERSUCHSAUFBAUTEN; RECHTS NETZKÄFIG IN WETTERSCHUTZEINFASSUNG	24
ABB. 15:	VERSUCHSAUFBAU IM KÄFIGINNEREN (LINKS) UND TRAPVIEW-KAMERA (RECHTS)	25
ABB. 16:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER STATISTISCHEN ANALYSE MITTELS BINÄRE LOGISTISCHE REGRESSION UND EINFLIEßENDE PARAMETER	26
ABB. 17:	KONZEPT DES EHS SIMKEF	28
ABB. 18:	STRUKTURDIAGRAMM EHS SIMKEF	29
ABB. 19:	STANDORT DER ESSIGFALLE IM QUADRATKILOMETER GROBEN RASTERNETZ DER WETTERDATEN, KOMBINIERT MIT DEN DATEN DES DIGITALEN BASIS-LANDSCHAFTSMODELL (QUELLE: ATKIS-BASIS-DLM; BUNDESAMT FÜR KARTOGRAPHIE UND GEODÄSIE)	31
ABB. 20:	VERLAUF DER DURCH SIMKEF-TEILMODUL ONTOGENESE SIMULIERTEN BBCH-STADIEN MIT DEM OBEREN UND UNTEREN 95%-KONFIDENZINTERVALL UND TATSÄCHLICH BONITIERTEN BBCH-STADIEN (OBEN) UND EINE DETAILANSICHT ZUR METHODIK DER VALIDIERUNG MITTELS DES KONFIDENZINTERVALL-KRITERIUMS (UNTEN) AM BEISPIEL EINES ‚DORNFELDERS‘ AM STANDORT LANGENLONSHEIM IM JAHR 2020	33

ABB. 21:	GRAFISCHE DARSTELLUNG DES MODELLIERTEN UND BONITIERTEN VERLAUFS DER PHÄNOLOGIE (OBEN) UND EINE DETAILANSICHT ZUR METHODIK DER VALIDIERUNG MITTELS ABWEICHUNG SIMULATION – BONITUR [TAGE] AM BEISPIEL EINES ‚DORNFELDERS‘ AM STANDORT LANGENLONSHEIM IM JAHR 2020 (UNTEN)	34
ABB. 22:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER HECKE NAHE EINER SÜBKIRSCHANLAGE (A) UND IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN SÜBKIRSCHANLAGE (B) (JEWEILS SUMME AUS 2 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) AM LTZ AUGUSTENBERG IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2016 BIS 2020	37
ABB. 23:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER HECKE NAHE EINER BEERENOBSTANLAGE (A) UND IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN BROMBEERANLAGE (B) (JEWEILS SUMME AUS 2 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) AM LTZ AUGUSTENBERG IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2017 BIS 2020	38
ABB. 24:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE (FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN HIMBEERANLAGE (SORTE ‚TULAMEEN‘) IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2017 BIS 2020	39
ABB. 25:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE (SUMME AUS 2 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER OFFEN GELASSENEN SÜBKIRSCHANLAGE IN HEIDESHEIM A. R. DES GESAMTEN UNTERSUCHUNGSZEITRAUMS DER JAHRE 2017 BIS 2020	40
ABB. 26:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE (SUMME AUS 2 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER AUFGEGEBENEN SAUERKIRSCHANLAGE IN NIEDER-HILBERSHEIM (RHEINHESSEN) DES GESAMTEN UNTERSUCHUNGSZEITRAUMS DER JAHRE 2017 BIS 2020	40
ABB. 27:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER HECKE NAHE EINER WEINANBAUFLÄCHE (A) UND IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN REBFLÄCHE, SORTEN ‚DORNFELDER‘ & ‚ACOLON‘ (SUMME AUS 2 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) (B) IN BAD DÜRKHEIM, PFALZ; IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2016 BIS 2018	41
ABB. 28:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER HECKE NAHE EINER WEINANBAUFLÄCHE (A) UND IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN REBFLÄCHE, SORTEN ‚DORNFELDER‘ & ‚PORTUGIESER‘ (SUMME AUS 3 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) (B) IN KALLSTADT, PFALZ; IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2018 BIS 2020	42
ABB. 29:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER HECKE NAHE EINER WEINANBAUFLÄCHE (A) (SUMME AUS 2 FALLEN) UND IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN REBFLÄCHE, SORTEN ‚DORNFELDER‘ & ‚DUNKELFELDER‘ (SUMME AUS 3 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) (B) IN LEISTADT, PFALZ; IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2016 BIS 2020	43
ABB. 30:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER HECKE NAHE EINER WEINANBAUFLÄCHE (A) UND IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN REBFLÄCHE, SORTEN ‚DORNFELDER‘ & ‚PORTUGIESER‘ (SUMME AUS 2 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) (B) IN RUPPERTSBERG, PFALZ; IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2016 BIS 2020	44
ABB. 31:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN EINER HECKE NAHE EINER WEINANBAUFLÄCHE (A) UND IN EINER AKTIV BEWIRTSCHAFTETEN REBFLÄCHE, SORTEN ‚DORNFELDER‘ & ‚PORTUGIESER‘ (SUMME AUS 3 FALLEN; FANGFLÜSSIGKEIT: APFELESSIG:WASSER 1:1) (B) IN ST. MARTIN, PFALZ; IM GESAMTEN MONITORINGZEITRAUM 2016 BIS 2020	45
ABB. 32:	GANZJÄHRIGER VERLAUF DER FALLENFÄNGE (MITTELWERT JEDES FANGTAGES); FANGFLÜSSIGKEIT: ROTWEIN:APFELESSIG 3:1) VON ADULTEN <i>D. SUZUKII</i> IN HECKEN IN DER UNMITTELBAREN NÄHE VON WEINREBEN IN BAD SOBERNHEIM, MANDEL, LANGENLONSHEIM, KH-PLANIG UND BAD KREUZNACH IN DEN MONITORINGJAHREN 2016 BIS 2020	46
ABB. 33:	BEFALLSHÄUFIGKEITEN VON ZWEI SÜBKIRSCHBÄUMEN (REIHE 8 & REIHE 12) DER SORTE ‚REGINA‘ NACH BBCH-STADIEN GETRENNT, AM LTZ AUGUSTENBERG IM JAHR 2019	47

ABB. 34:	BEFALLSVERLAUF IN EINER BROMBEERANLAGE DER SORTE ‚LOCH NESS‘ AM LTZ AUGUSTENBERG IM JAHR 2018	47
ABB. 35:	VERLAUF DER BBCH-BONITUREN DER SÜßKIRSCHEN DER SORTE ‚GIORGIA‘ AM LTZ AUGUSTENBERG UND DER SAUERKIRSCHEN DER SORTE ‚SCHATTENMORELLE‘ IN NIEDER-HILBERSHEIM IM JAHR 2020	48
ABB. 36:	VERLAUF DER BBCH-BONITUR SOWIE DES GEMESSENEN MOSTGEWICHTS [°OE] AM BEISPIEL EINES ‚PORTUGIESERS‘ IN ST. MARTIN, 2020	49
ABB. 37:	TÄGLICHE EIABLAGE VON <i>D. SUZUKII</i> IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR	50
ABB. 38:	ÜBERLEBENSRATE WÄHREND DER ENTWICKLUNG VON <i>D. SUZUKII</i> VOM EI BIS ZUR ADULTEN FLIEGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR	50
ABB. 39:	ENTWICKLUNGSDAUER DER ENTWICKLUNG VON <i>D. SUZUKII</i> VOM EI BIS ZUR ADULTEN FLIEGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR	51
ABB. 40:	ANZAHL ABGELEGTER EIER VON <i>D. SUZUKII</i> IN ABHÄNGIGKEIT DER RELATIVEN LUFTFEUCHTE UND FÜNF UNTERSCHIEDLICHEN KONSTANT-TEMPERATUREN	52
ABB. 41:	MORTALITÄTSRATE DER EIER VON <i>D. SUZUKII</i> IN ABHÄNGIGKEIT VON HOHEN TEMPERATUREN UND UNTERSCHIEDLICHER DAUER	53
ABB. 42:	MORTALITÄTSRATE DER LARVEN VON <i>D. SUZUKII</i> IN ABHÄNGIGKEIT VON HOHEN TEMPERATUREN UND UNTERSCHIEDLICHER DAUER	53
ABB. 43:	MORTALITÄTSRATE DER PUPPEN VON <i>D. SUZUKII</i> IN ABHÄNGIGKEIT VON HOHEN TEMPERATUREN UND UNTERSCHIEDLICHER DAUER	54
ABB. 44:	VERSUCHSERGEBNISSE DER MORTALITÄTSVERSUCHE MIT WINTERMORPHEN UND SOMMERMORPHEN FLIEGEN BEI UNTERSCHIEDLICHEN WECHSELTEMPERATUREN UM DEN GEFRIERPUNKT	55
ABB. 45:	GEGENÜBERSTELLUNG DER ÜBERLEBENS-RATEN DER MORTALITÄTSVERSUCHE MIT WECHSELTEMPERATUREN ZU DEN VERSUCHEN GLEICHER TEMPERATURSUMMEN MIT KONSTANTEN TEMPERATUREN	55
ABB. 46:	GEGENÜBERSTELLUNG DER ÜBERLEBENS-RATEN DER MORTALITÄTSVERSUCHE MIT WECHSELTEMPERATUREN ZU DEN VERSUCHEN GLEICHER MINIMALTEMPERATUREN MIT KONSTANTEN TEMPERATUREN	55
ABB. 47:	PROZENTUALER ANTEIL DER AUS DEN UNTERSUCHTEN WIRTSFRÜCHTEN ERDBEERE, KIRSCHEN, SAUERKIRSCHEN, BROMBEERE UND WEINBEERE GESCHLÜPFTEN ADULTEN FLIEGEN IN TAGEN NACH EIABLAGE – ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE AUS 2016 UND 2017 (N = ANZAHL VERSUCHSWIEDERHOLUNGEN)	56
ABB. 48:	ANZAHL ABGELEGTER EIER BZW. GESCHLÜPFTER LARVEN IM WAHLVERSUCH MIT BROMBEERE (SORTE ‚CHESTER THORNLESS‘), HERBSTHIMBEERE (SORTE: ‚TULAMEEN‘) UND WEINBEERE (SORTE ‚ACOLON‘), TUKEY-TEST, A=0,05	57
ABB. 49:	ANZAHL GESCHLÜPFTER LARVEN IM WAHLVERSUCH MIT BROMBEERE (SORTE ‚CHESTER THORNLESS‘) UND HERBSTHIMBEERE (SORTE: ‚TULAMEEN‘), T-TEST, A=0,05	58
ABB. 50:	ANZAHL ABGELEGTER EIER BZW. GESCHLÜPFTER LARVEN IM WAHLVERSUCH MIT BROMBEERE (SORTE ‚CHESTER THORNLESS‘), HOLUNDER UND WEINBEERE (SORTE ‚REGENT‘), TUKEY-TEST, A=0,05	58
ABB. 51:	ANZAHL ABGELEGTER EIER IM WAHLVERSUCH MIT ROTEN UND WEIßEN REBSORTEN, KRUSKAL-WALLIS-TEST MIT CONOVER-IMAN, A=0,05	58
ABB. 52:	FRUCHTTEMPERATUREN [°C] IN SONNEN- UND SCHATTENFRÜCHTEN, LUFTTEMPERATUREN DER TINYTAGS SOWIE DER DAZUGEHÖRIGEN WETTERSTATION STÜNDLICH GEMESSEN; SIGNIFIKANTE UNTERSCHIEDE DARGESTELLT DURCH KLEINBUCHSTABEN; A: SÜßKIRSCHEN (FRIEDMAN-TEST, $X^2 = 61,621$, DF = 3, P < 0,05; NEMENYI-TEST = P < 0,05); B: SAUERKIRSCHEN (FRIEDMAN-TEST, $X^2 = 136,23$, DF = 3, P < 0,05; NEMENYI-TEST = P < 0,05); C: BROMBEEREN (FRIEDMAN-TEST, $X^2 = 116,39$, DF = 3, P < 0,05; NEMENYI-TEST = P < 0,05); D: HIMBEEREN (FRIEDMAN-TEST, $X^2 = 69,158$, DF = 3, P < 0,05; NEMENYI-TEST = P < 0,05); E: WEINBEEREN: (FRIEDMAN-TEST, $X^2 = 344,62$, DF = 3, P < 0,05; NEMENYI-TEST = P < 0,05), 2018-2020.	59

ABB. 53:	MAXIMALE DAUER, IN DER DIE FRUCHTINNENTEMPERATUR ÜBERSCHRITTEN WURDE (BEISPIEL SÜßKIRSCHEN), 2018-2020	61
ABB. 54:	LINEARER ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INNERER FRUCHTTTEMPERATUR UND DER LUFTTEMPERATUR (WETTERSTATION); A: SONNENFRUCHT SÜßKIRSCHEN, B: SCHATTENFRUCHT SÜßKIRSCHEN, C: SONNENFRUCHT HIMBEERE, D: SCHATTENFRUCHT HIMBEERE; JAHRE 2018-2020	62
ABB. 55:	STANDARDISIERTE KOEFFIZIENTEN DER MULTIPLN BINÄREN LOGISTISCHEN REGRESSION (MODELLAUSWAHL: STEPWISE RÜCKWÄRTS) FÜR DIE ABHÄNGIGE VARIABLE ADULTENAUF TRETEN IM MAI IM VERHÄLTNIS ZU NOVEMBER DES VORJAHR (LINKS); DER MULTIPLN BINÄREN LOGISTISCHEN REGRESSION ZUGEHÖRIGE ROC-KURVE (RECHTS)	64
ABB. 56:	BEISPIELE DER STANDARDISIERTEN KOEFFIZIENTEN DER MULTIPLN BINÄREN LOGISTISCHEN REGRESSION (MODELLAUSWAHL: STEPWISE RÜCKWÄRTS) FÜR DIE ABHÄNGIGE VARIABLE ADULTENAUF TRETEN IM MAI IM VERHÄLTNIS ZU NOVEMBER DES VORJAHR JE NACH ZUFÄLLIGER TEILUNG DES DATENSATZES VOR DER STATISTISCHEN ANALYSE	64
ABB. 57:	KORRESPONDENZANALYSE DER EINFLUSSFAKTOREN „KÄLTEPERIODE“ (OBEN) UND „WALD“ (UNTEN) IN ZUSAMMENHANG MIT DEN KATEGORIEN „FANGZAHLEN VERHÄLTNIS MAI:NOV“	66
ABB. 58:	STANDARDISIERTE KOEFFIZIENTEN DER MULTIPLN BINÄREN LOGISTISCHEN REGRESSIONEN (MODELLAUSWAHL: STEPWISE RÜCKWÄRTS) FÜR DIE ABHÄNGIGE VARIABLE ADULTENAUF TRETEN IM JUNI IM VERHÄLTNIS ZU NOVEMBER DES VORJAHR; ZWEI BEISPIELE JE NACH ZUFÄLLIGER TEILUNG DES DATENSATZES FÜR DIE MODELLIERUNG UND VALIDIERUNG	67
ABB. 59:	STANDARDISIERTE KOEFFIZIENTEN DER MULTIPLN BINÄREN LOGISTISCHEN REGRESSION (MODELLAUSWAHL: STEPWISE RÜCKWÄRTS) FÜR DIE ABHÄNGIGE VARIABLE ADULTENAUF TRETEN IM JULI IM VERHÄLTNIS ZU NOVEMBER DES VORJAHR (LINKS); DER MULTIPLN BINÄREN LOGISTISCHEN REGRESSION ZUGEHÖRIGE ROC-KURVE (RECHTS)	68
ABB. 60:	KORRESPONDENZANALYSE DER EINFLUSSFAKTOREN „KÄLTEPERIODE“ (OBEN) UND „WALD“ (UNTEN) IN ZUSAMMENHANG MIT DEN KATEGORIEN „FANGZAHLEN VERHÄLTNIS JULI:NOV“	69
ABB. 61:	MODELLFUNKTION ZUR EIABLAGE VON <i>D. SUZUKII</i> IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR	70
ABB. 62:	MODELL ZUR ÜBERLEBENSRATE WÄHREND DER ENTWICKLUNG VON <i>D. SUZUKII</i> VOM EI BIS ZUR ADULTEN FLIEGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR	71
ABB. 63:	MODELLFUNKTION ZUR ENTWICKLUNGSDAUER VON <i>D. SUZUKII</i> VOM EI BIS ZUR ADULTEN FLIEGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TEMPERATUR	72
ABB. 64:	ÜBERLEBENSRATE VON EIERN UND LARVEN IN ABHÄNGIGKEIT DER TEMPERATURSUMME	73
ABB. 65:	MODELLIERTE ÜBERLEBENSRATE VON SOMMERMORPHEN (A) UND WINTERMORPHEN (B) <i>D. SUZUKII</i> IN ABHÄNGIGKEIT DER TEMPERATUR UND DER DAUER. DATEN ERHOBEN UNTER KONSTANTEN NEGATIVEN TEMPERATUREN UND LABORBEDINGUNGEN.	74
ABB. 66:	ABHÄNGIGKEIT DER RELATIVIERTEN ENTWICKLUNGSRATE VON TAGESLICHTLÄNGE (% ZEIT) UND TEMPERATUR (°C), BEISPIEL ‚SÜßKIRSCHEN‘ LTZ AUGUSTENBERG, DATEN AUS 2005-2015	75
ABB. 67:	KORRELATION DER AUFSUMMIERTEN TÄGLICHEN TEMPERATUR- UND TAGESLICHTABHÄNGIGEN ENTWICKLUNGSRATE MIT DEN BONITIERTEN BBCH-STADIEN (BEISPIEL KIRSCHEN 2005-2015, STANDORT LTZ AUGUSTENBERG) UND DARAUS BERECHNETE GOMPERTZ-FUNKTION MIT OBEREN (+) UND UNTEREN (-) 95 % KONFIDENZINTERVALL	75
ABB. 68:	MODELLFUNKTIONEN ZUR BERECHNUNG DER ONTOGENESE VON FRÜH, MITTEL UND SPÄT REIFENDEN SORTEN AM BEISPIEL DER KIRSCHEN	76
ABB. 69:	KORRELATION DER AUFSUMMIERTEN TÄGLICHEN TEMPERATUR- UND TAGESLICHTABHÄNGIGEN ENTWICKLUNGSRATE MIT DEN BONITIERTEN BBCH-STADIEN UND DER DARAUS BERECHNETEN GOMPERTZ-FUNKTION, REBSORTE ‚PORTUGIESER‘	78
ABB. 70:	KORRELATION DER AUFSUMMIERTEN TÄGLICHEN TEMPERATUR- UND TAGESLICHTABHÄNGIGEN ENTWICKLUNGSRATE MIT DEN BONITIERTEN BBCH-STADIEN UND DER DARAUS BERECHNETEN GOMPERTZ-FUNKTION, REBSORTE ‚DORNFELDER‘	78
ABB. 71:	EINGABEMASKE (SCREENSHOT) DER AKTUELLEN VERSION DES EHS SIMKEF AUF DER ONLINE-PLATTFORM WWW.ISIP.DE, STAND 15.04.2021	81

ABB. 72:	ÜBERSICHT SCHLAGPROGNOSE MIT AMPEL-WARNANZEIGE	81
ABB. 73:	WETTEROUTPUT DES EHS, DARGESTELLT WERDEN DIE LUFTTEMPERATUR 2M [°C], DER NIEDERSCHLAG 1M [MM] UND DIE LUFTFEUCHTE [%] (INTERPOLIERTES WETTER)	82
ABB. 74:	OUTPUT VERLAUF DES PROGNOTIZIERTEN BBCH-STADIUMS	82
ABB. 75:	OUTPUT VERLAUF DES SIMKEF-INDEX UND ANZEIGE VON GRENZWERT ÜBER- UND UNTERSCHREITUNG	82
ABB. 76:	ANTEIL KORREKTER BBCH-PROGNOSEN BZW. UNTER-, ÜBERSCHÄTZUNGEN DES MODELLS, KONFIDENZINTERVALL-KRITERIUM (A) (2017: N = 45, 2018: N = 8, 2019: N = 54, 2020: N = 90, ALLE JAHRE: N = 197) UND ANTEIL KORREKTER BZW. ZU FRÜHER/SPÄTER PROGNOSEN, KRITERIUM „ABWEICHUNG [IN TAGEN] SIMULATION – BONITUR“ (B) (2017: N = 37, 2018: N = 6, 2019: N = 45, 2020: N = 64, ALLE JAHRE: N = 146) IN DER KULTUR ‚SÜßKIRSCHÉ‘; JAHRE 2017 BIS 2020	83
ABB. 77:	ANTEIL KORREKTER BBCH-PROGNOSEN BZW. UNTER-, ÜBERSCHÄTZUNGEN DES MODELLS, KONFIDENZINTERVALL-KRITERIUM (A) (2017: N = 10, 2018: N = 14, 2019: N = 38, 2020: N = 31, ALLE JAHRE: N = 83) UND ANTEIL KORREKTER BZW. ZU FRÜHER/SPÄTER PROGNOSEN, KRITERIUM „ABWEICHUNG [IN TAGEN] SIMULATION – BONITUR“ (B) (2017: N = 10, 2018: N = 10, 2019: N = 33, 2020: N = 20, ALLE JAHRE: N = 73) IN DER KULTUR ‚SAUERKIRSCHÉ‘; JAHRE 2017 BIS 2020	84
ABB. 78:	ANTEIL KORREKTER BBCH-PROGNOSEN BZW. UNTER-, ÜBERSCHÄTZUNGEN DES MODELLS, KONFIDENZINTERVALL-KRITERIUM (A) (2015: N = 8, 2016: N = 20, 2017: N = 20, 2018: N = 16, 2019: N = 28, 2020: N = 33, ALLE JAHRE: N = 125) UND ANTEIL KORREKTER BZW. ZU FRÜHER/SPÄTER PROGNOSEN, KRITERIUM „ABWEICHUNG [IN TAGEN] SIMULATION – BONITUR“ (B) (2015: N = 8, 2016: N = 8, 2017: N = 16, 2018: N = 15, 2019: N = 31, 2020: N = 27, ALLE JAHRE: N = 105) IN DER KULTUR ‚BROMBEERE‘; JAHRE 2015 BIS 2020	85
ABB. 79:	ANTEIL KORREKTER BBCH-PROGNOSEN BZW. UNTER-, ÜBERSCHÄTZUNGEN DES MODELLS, KONFIDENZINTERVALL-KRITERIUM (A) (2017: N = 8, 2018: N = 12, 2019: N = 35, 2020: N = 46, ALLE JAHRE: N = 101) UND ANTEIL KORREKTER BZW. ZU FRÜHER/SPÄTER PROGNOSEN, KRITERIUM „ABWEICHUNG [IN TAGEN] SIMULATION – BONITUR“ (B) (2017: N = 8, 2018: N = 12, 2019: N = 31, 2020: N = 37, ALLE JAHRE: N = 88) IN DER KULTUR ‚HIMBEERE‘; JAHRE 2017 BIS 2020	85
ABB. 80:	ANTEIL KORREKTER BBCH-PROGNOSEN BZW. UNTER-, ÜBERSCHÄTZUNGEN DES MODELLS, KONFIDENZINTERVALL-KRITERIUM (A) (2018: N = 77, 2019: N = 110, 2020: N = 102, ALLE JAHRE: N = 289) UND ANTEIL KORREKTER BZW. ZU FRÜHER/SPÄTER PROGNOSEN, KRITERIUM „ABWEICHUNG [IN TAGEN] SIMULATION – BONITUR“ (B) (2018: N = 75, 2019: N = 61, 2020: N = 63, ALLE JAHRE: N = 289) IN DER KULTUR ‚REBE‘, SORTE: DORNFELDER; JAHRE 2018 BIS 2020	86
ABB. 81:	ANTEIL KORREKTER BBCH-PROGNOSEN BZW. UNTER-, ÜBERSCHÄTZUNGEN DES MODELLS, KONFIDENZINTERVALL-KRITERIUM (A) (2018: N = 39, 2019: N = 62, 2020: N = 67, ALLE JAHRE: N = 168) UND ANTEIL KORREKTER BZW. ZU FRÜHER/SPÄTER PROGNOSEN, KRITERIUM „ABWEICHUNG [IN TAGEN] SIMULATION – BONITUR“ (B) (2018: N = 26, 2019: N = 37, 2020: N = 38, ALLE JAHRE: N = 101) IN DER KULTUR ‚REBE‘, SORTE: PORTUGIESER; JAHRE 2018 BIS 2020	86
ABB. 82:	ABWEICHUNG IN TAGEN ZWISCHEN ERSTBEFALL IN DER KULTUR ‚SÜßKIRSCHÉ‘ UND DER ÜBERSCHREITUNG DES SIMKEF-GRENZWERTES, ÜBER ALLE JAHRE (SCHWARZ HERVORGEHOBEN) UND GETRENNT NACH EINZELNEN JAHREN, ZEITRAUM 2016 BIS 2020	87
ABB. 83:	ABWEICHUNG IN TAGEN ZWISCHEN ERSTBEFALL IN DER KULTUR ‚BROMBEERE‘ UND DER ÜBERSCHREITUNG DES SIMKEF-GRENZWERTES, 2017 BIS 2020	88
ABB. 84:	ABWEICHUNG IN TAGEN ZWISCHEN ERSTBEFALL IN DER KULTUR ‚HIMBEERE‘ UND DER ÜBERSCHREITUNG DES SIMKEF-GRENZWERTES, 2017 BIS 2020	89
ABB. 85:	ABWEICHUNG IN TAGEN ZWISCHEN DER ÜBERSCHREITUNG DES SIMKEF-GRENZWERTES UND DEM TATSÄCHLICH BONITIERTEN ERSTBEFALL IN DER KULTUR WEINREBE, SORTEN ‚DORNFELDER‘ UND ‚PORTUGIESER‘; STANDORTE IN D UND CH; 2016 BIS 2020	90
ABB. 86:	ABWEICHUNG IN TAGEN ZWISCHEN DER ÜBERSCHREITUNG DES SIMKEF-GRENZWERTES UND DEM TATSÄCHLICH BONITIERTEN ERSTBEFALL IN DER KULTUR WEINREBE, SORTE ‚DORNFELDER‘ NACH JAHREN GETRENNT; STANDORTE IN D UND CH; 2016 BIS 2020	91

ABB. 87:	ABWEICHUNG IN TAGEN ZWISCHEN DER ÜBERSCHREITUNG DES SIMKEF-GRENZWERTES UND DEM TATSÄCHLICH BONITIERTEN ERSTBEFALL IN DER KULTUR WEINREBE, SORTE ‚PORTUGIESER‘ NACH JAHREN GETRENNT; STANDORTE IN D UND CH; 2016 BIS 2020	91
ABB. 88:	BERECHNETE MORTALITÄT DURCH SIMKEF UND BONITIERTE BEFALLSHÄUFIGKEIT IN BROMBEEREN AM STANDORT LTZ AUGUSTENBERG, 2020 (BEISPIELE ANSTIEG BEFALL: ROTER PFEIL; ABNAHME BEFALL: GRÜNER PFEIL)	93

Tabellenverzeichnis

TAB. 1:	DIAGRAMM FÜR DIE EINZELNEN ARBEITSPAKETE (URSPRÜNGLICH/ANGEPASST) DES PROJEKTES	3
TAB. 2:	ÜBERSICHT ÜBER ALLE IM BEFALLSMONITORING ‚KIRSCHER‘, ‚HIM- UND BROMBEERE‘ UND ‚SONSTIGE KULTUREN‘ UNTERSUCHTEN FRUCHTPROBEN DER JAHRE 2016 BIS 2020	10
TAB. 3:	ÜBERSICHT ÜBER ALLE IM BEFALLSMONITORING ‚WEIN‘ UNTERSUCHTEN FRUCHTPROBEN À 50 EINZELBEEREN DER JAHRE 2016 BIS 2020	13
TAB. 4:	ZEITRAUM, IN DEM BONITUREN DER ENTWICKLUNGSSTADIEN VON WIRTSPPFLANZEN DER KEF DURCHGEFÜHRT WURDEN	15
TAB. 5:	ÜBERSICHT ÜBER DIE FÜR DIE VALIDIERUNG DER PHÄNOLOGIE-MODELLE ‚SÜß- UND SAUERKIRSCHER‘ GENUTZTEN DATEN, JAHRE 2017 BIS 2020	15
TAB. 6:	ÜBERSICHT ÜBER DIE FÜR DIE VALIDIERUNG DES PHÄNOLOGIE-MODELLS ‚BEEREN‘ GENUTZTEN DATEN, JAHRE 2015 BIS 2020	16
TAB. 7:	ÜBERSICHT ÜBER DIE FÜR DIE VALIDIERUNG DES PHÄNOLOGIE-MODELLS ‚WEIN‘ GENUTZTEN DATEN, JAHRE 2018 BIS 2020	16
TAB. 8:	ÜBERSICHT VERSUCHSVARIANTEN DER MORTALITÄTSVERSUCHE MIT WECHSELTEMPERATUREN (SM = SOMMERMORPHE, WM = WINTERMORPHE)	19
TAB. 9:	ANZAHL UND GESAMTSUMME DER IN 2018 BIS 2020 DURCHGEFÜHRTEN MESSUNGEN DER INNENTEMPERATUR VERSCHIEDENER KULTUREN UND BBCH-STADIEN	23
TAB. 10:	DEFINITIONEN DER KLIMAPARAMETER; T = TEMPERATUR [°C], RLF = RELATIVE LUFTFEUCHTE [%]	27
TAB. 11:	ANZAHL DER IN DIE GEOSTATISTISCHE AUSWERTUNG EINGEFLOSSENEN GANZJÄHRIGEN MONITORINGDATEN PRO JAHR UND INSTITUTION	30
TAB. 12:	MAXIMAL GEMESSENE TEMPERATUREN IM FRUCHTFLEISCH VON SONNEN- UND SCHATTENEXPONIERTE FRÜCHTEN, MAXIMALE TEMPERATURDIFFERENZ ZW. FRÜCHTEN BZW. ZW. SONNEN- UND SCHATTENFRUCHT ZUR NÄCHSTGELEGENEN WETTERSTATION UNTERSCHIEDLICHER KULTUREN, EINHEIT IN °C	60
TAB. 13:	ERGEBNISSE DER LINEAREN REGRESSIONEN VON SONNEN- BZW. SCHATTENFRUCHT MIT LUFTTEMPERATUR (WETTERSTATION) JE KULTUR; ALLE MESSDATEN DER JAHRE 2018 BIS 2020	62
TAB. 14:	TABELLE DER NOMINALEN SKALIERUNG DES EINFLUSSFAKTORS ‚MAX. LÄNGE DER KÄLTEPERIODE‘ IN TAGEN	65
TAB. 15:	TABELLE DER NOMINALEN SKALIERUNG DES EINFLUSSFAKTORS ‚ANTEIL WALD‘ IN KM ²	65
TAB. 16:	TABELLE DER NOMINALEN SKALIERUNG DER ABHÄNGIGEN VARIABLEN VERHÄLTNIS DER FANGZAHLEN MAI:NOV	65
TAB. 17:	ZUSAMMENFASSUNG DER STATISTISCHEN PARAMETER DER BERECHNETEN GOMPERTZ-FUNKTIONEN DER ONTOGENSEMDELLE FÜR DIE AUFGEListETEN UNTERSCHIEDLICHEN KULTURARTEN	77
TAB. 18:	EINGANGS- UND AUSGANGSWERTE DER BEFALLSHÄUFIGKEIT IN PROZENT ZU BEGINN UND ENDE EINER BERECHNETEN HITZEPERIODE SOWIE DIE BERECHNETE PROZENTUALE ABNAHME UND DIE ZUGEHÖRIGE DAUER DER HITZEPERIODE, BROMBEERE, LTZ AUGUSTENBERG	93

Anhang 1

Dienstreisen zu Fachtagungen und Veranstaltungen

9th International Conference on Integrated Fruit Production (Ort: Thessaloniki, Griechenland, 04.-08.09.2016), Teilnehmer: Köppler

60. Deutsche Pflanzenschutztagung (Ort: Halle (Saale), 20.-23.09.2016), Teilnehmer: Winkler, Tebbe, Jung, Kleinhenz, Köppler

Poster:

Winkler, A., Kleinhenz, B., Racca, P., Tebbe, C., Köppler, K., Harzer, U., Schirra, K.-J., Püffeld, M., Gradl, M. u. Jung, J.: SIMulationKirschEssigFliege (SIMKEF) – Erarbeitung von Basisdaten zur Prognose der Populationsdynamik der Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) und des Befallsrisikos an Obst und Wein

2. Projekttreffen des INTERREG-Projekts „Inva-Protect“ (Ort: Karlsruhe, 04./05.10.2016), Teilnehmer: Winkler, Jung, Köppler

Vortrag:

Winkler, A., Kleinhenz, B., Racca, P., Tebbe, C. u. Jung, J.: Entwicklung und Etablierung eines Prognosemodells für die Kirschessigfliege zur Vorhersage des Populationsverlaufs und der Abschätzung von Risikogebieten

PSberatertagung Obst, Sektion KEF (Ort: Grünberg, 19.10.2016), Teilnehmer: Gradl

Rebschutzreferententagung (Ort: Neustadt, 16.11.2016), Teilnehmer: Winkler

Vortrag:

Winkler, A.: SIMKEF - Entwicklung eines internetgestützten Entscheidungshilfesystems zur Prognose der Populationsdynamik der Kirschessigfliege *Drosophila suzukii* und des Befallsrisikos an Obst und Wein

5. Treffen der AG Kirschessigfliege (Ort: LVWO Weinsberg, 06./07.12.2016), Teilnehmer: Winkler, Tebbe, Jung, Kleinhenz, Köppler, Püffeld, Schirra, Gradl

Vorträge:

Winkler, A.: Möglichkeiten zur Prognose des Befallsrisikos durch die Kirschessigfliege im Obstbau - Projektvorstellung und Modellkonzept, 5. Treffen der AG Kirschessigfliege, Weinsberg,

Tebbe, C.: Möglichkeiten der Datenbereitstellung durch die Teilnehmer für die Modellerstellung, 5. Treffen der AG Kirschessigfliege, Weinsberg, 06./07.12.2016

20. Tagung der ZEPP-Arbeitsgruppe Prognose im Ackerbau (Ort: Karlsruhe, 17.-19.01.2017), Teilnehmer: Jung, Kleinhenz, Racca, Tebbe

Vortrag:

Jung, J., Winkler, A., Tebbe, C. u. Racca, P.: Kirschessigfliege – Stand des Projektes

8. Tagung der ZEPP-Arbeitsgruppe Gartenbau (Ort: Karlsruhe, 30.-31.01.2017), Teilnehmer: Jung, Kleinhenz, Köppler, Tebbe, Winkler

Vortrag:

Winkler, A., Jung, J., Racca, P. u. Tebbe, C.: SIMKEF – Kirschessigfliegenprognose

Kreuznacher Wintertagung (Ort: Bad Kreuznach, 01.02.2017), Teilnehmer: Winkler

Vortrag:

Winkler, A.: Kirschessigfliege – Ansätze für eine Befallsprognose

Projekttreffen InvaProtect (Ort: Colmar, 22.-23.02.2017), Teilnehmer: Kleinhenz, Köppler

Vortrag:

Kleinhenz, B. et. al: Maßnahme 6: Entwicklung und Etablierung eines Prognosemodells für die Kirschessigfliege zur Vorhersage des Populationsverlaufs und der Abschätzung von Risikogebieten - Aktueller Stand -

Sitzung Interreg-V InvaProtect NW-CH Partner (Ort: Frick, 03.03.2017), Teilnehmer: Jung

Vortrag:

Jung, J. et. al: Entwicklung und Etablierung eines Prognosemodells für die Kirschessigfliege zur Vorhersage des Populationsverlaufs und der Abschätzung von Risikogebieten - Ziele, aktueller Stand, Beitrag Schweizer Partner

Entomologentagung 2017 (Ort: Freising, 13.-15.03.2017), Teilnehmer: Jung, Kleinhenz, Winkler

Vorträge:

Winkler, A. et al.: Entscheidungshilfesystem SIMKEF – Erste Ansätze zur Simulation der Populationsdynamik der Kirschessigfliege *Drosophila suzukii* und der Prognose des Befallsrisikos an Obst und Wein

Jung, J. et al.: Analyse des Risikopotentials zum Auftreten von *Drosophila suzukii* unter Berücksichtigung des Habitats und der Überwinterungsbedingungen

Sino-German Symposium on Integrated Management of *Drosophila suzukii* (Ort: Julius Kühn-Institut Darmstadt/Dossenheim, 26.06.-01.07.2017), Teilnehmer: Kleinhenz, Köppler

Vortrag:

Kleinhenz, B. et al.: SIMKEF- Development of a DSS for *D. suzukii*

Fachtagung Biodiversität und Kirschessigfliege im Weinbau (Ort: DLR RNH Oppenheim, 11.10.2017), Teilnehmer: Gradl, Jung

26. Bundesarbeitstagung für Pflanzenschutzberater im Obstbau (Ort: Bildungsstätte Gartenbau Grünberg, 18.10.17), Teilnehmer: Gradl

6. Treffen der AG Kirschessigfliege (Ort: DLR RNH Bad Kreuznach, 05./06.12.2017), Teilnehmer: Winkler, Tebbe, Jung, Kleinhenz, Köppler, Püffeld, Harzer, Gradl

Vorträge:

Jung, J. et al.: Bewertung des Risikopotentials zum Auftreten von *Drosophila suzukii* unter Berücksichtigung des Habitats und der Überwinterungsbedingungen

Tebbe, C. et al.: SIMKEF - Ontogenesemodelle zur Prognose des möglichen Befallszeitraums wichtiger Wirtspflanzen durch die Kirschessigfliege

Winkler, A. et al.: Versuche zur Hitzemortalität verschiedener Entwicklungsstadien von *D. suzukii* zur Berechnung der Übersommerungsrate

Arbeitsgruppentreffen *D. suzukii* des InvaProtect-Projektes (Ort: Frick, 26.-27.02.2018), Teilnehmer: Jung, Kleinhenz, Köppler, Harzer

Vortrag:

Jung, J. et. al: Entwicklung und Etablierung eines Prognosemodells für die Kirschessigfliege zur Vorhersage des Populationsverlaufs und der Abschätzung von Risikogebieten

Fachgespräch ‚Nationale Bekämpfungsstrategie Kirschessigfliege (Ort: Berlin, 24.04.2018), Teilnehmer: Harzer

Vortrag:

Harzer, U. et. al: Aktuelle Ergebnisse aus den beiden Projekten ‚InvaProtect‘ und ‚SIMKEF‘

XI European Congress of Entomology (Ort: Neapel (Italien), 02.-06.07.2018), Teilnehmer: Jung, Winkler, Kleinhenz

Vortrag:

Jung, J., Tebbe, C. u. Racca, P.: Assessment of the risk potential for the occurrence of *Drosophila suzukii* considering the habitat and the hibernation conditions

Poster:

Winkler, A., Jung, J., Püffeld, M., Tebbe, C. u. Racca, P.: Mortality tests in Spotted Wing *Drosophila suzukii* at high temperatures for modelling an aestivation rate

61. Deutsche Pflanzenschutztagung (Ort: Hohenheim, 11.-14.09.2018), Teilnehmer: Jung, Kleinhenz, Köppler, Racca, Tebbe, Winkler

Vortrag:

Jung, J., Tebbe, C. u. Racca, P.: Bewertung des Risikopotentials zum Auftreten von *Drosophila suzukii* unter Berücksichtigung des Habitats und der Überwinterungsbedingungen

Winkler, A., Püffeld, M., Racca, P., Tebbe, C. u. Jung, J.: Untersuchungen zur Mortalität von *Drosophila suzukii* bei Extremtemperaturen zur Berechnung von Übersommerungs- und Überwinterungsraten

Poster:

Jung, J., Gradl, M., Harzer, U., Kleinhenz, B., Köppler, K., Püffeld, M., Racca, P., Schirra, K.-J., Tebbe, C. u. Winkler, A.: SIMKEF – Ein Entscheidungshilfesystem zur Prognose der Populationsdynamik der Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) und des Befallsrisikos an Obst und Wein

Tebbe, C., Gradl, M., Püffeld, M. u. Racca, P.: Ontogenesemodelle zur Prognose des möglichen Befallszeitraums wichtiger Wirtspflanzen durch die Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*)

27. Bundesarbeitstagung für Pflanzenschutzberater im Obstbau (Ort: Grünberg, 17.10.2018), Teilnehmer: Winkler, Jung

Vortrag:

Winkler, A., Püffeld, M., Racca, P., Tebbe, C., Jung, J. u. Kleinhenz, B.: Untersuchungen zur Mortalität von *Drosophila suzukii* bei Extremtemperaturen

Grenzüberschreitendes Abschlusskolloquium InvaProtect (Ort: Bad Krozingen, 08.11.2018), Teilnehmer: Jung, Kleinhenz, Köppler, Rayher, Harzer, Weyland

7. Treffen der AG Kirschessigfliege (Ort: Geisenheim, 04./05.12.2018), Teilnehmer: Winkler, Tebbe, Jung, Kleinhenz, Racca, Köppler, Rayher, Harzer, Weyland

Vorträge:

Jung, J. et. al: Prognose des Eiablagebeginns in Kirsche und Wein mit dem EHS SIMKEF – aktueller Stand

Winkler, A., Gradl, M., Jung, J., Weyland, C. u. Racca, P.: Untersuchung und Modellierung von temperatur- und luftfeuchteabhängigen Eiablage- und Entwicklungsparametern der Kirschessigfliege

Winkler, A., Tebbe, C., Gradl, M., Jung, J., Püffeld, M. u. Racca, P.: Untersuchung der Hitzemortalität präadulter Entwicklungsstadien der Kirschessigfliege in Früchten

Proc. Joint Meeting IOBC-WPRS Working Groups “Pheromones and other semiochemicals in integrated production” & “Integrated Protection in Fruit Crops (Ort: Lisabon, 20. - 25. Januar 2019), Teilnehmer: Köppler

Vortrag:

Kirsten Köppler, Jeanette Jung, Mandy Püffeld, Rebekka Rayher, Uwe Harzer, Marion Gradl, Christina Weyland, Claudia Tebbe, Alicia Winkler, Paolo Racca, Benno Kleinhenz: Spotted wing drosophila: Extremely meteorosensitive – a base for the development of the Decision Support System “SIMKEF”.

9. Tagung der ZEPP-Arbeitsgruppe Gartenbau (Ort: Bad Kreuznach, 26.-27.09.2019), Teilnehmer: Alexander, Bauer, Kleinhenz, Köppler, Racca, Winkler

Vortrag:

Bauer, S., Winkler, A., Alexander, S., Racca, P.: SIMKEF – Kirschessigfliegenprognose – aktueller Stand des EHS

28. Bundesarbeitstagung für Pflanzenschutzberater im Obstbau (Ort: Grünberg, 16.10.2019), Teilnehmer: Winkler, Bauer, Alexander

Vortrag:

Winkler, A., Bauer, S., Alexander, S., Harzer, U., Jung, J., Kleinhenz, B., Köppler, K., Rayher, R., Weyland, C., Racca, P.: SIMKEF – Das Entscheidungshilfesystem für die Kirschessigfliege

8. Treffen der AG Kirschessigfliege (Ort: Münster-Wolbeck, 03./04.12.2019), Teilnehmer: Winkler, Bauer, Alexander, Racca, Köppler, Rayher, Harzer, Weyland

Vorträge:

Alexander, S., Bauer, S., Harzer, U., Jung, J., Kleinhenz, B., Köppler, K., Rayher, R., Weyland, C., Winkler, A., Racca, P.: Beobachtungen zur tagesperiodischen Aktivität der KEF

Winkler, A., Alexander, S., Bauer, S., Harzer, U., Jung, J., Kleinhenz, B., Köppler, K., Rayher, R., Weyland, C., Racca, P.: SIMKEF – Entscheidungshilfesystem für die KEF, Aufbau und Funktion

Bauer, S., Winkler, A., Alexander, S., Harzer, U., Jung, J., Kleinhenz, B., Köppler, K., Rayher, R., Weyland, C., Racca, P.: SIMKEF – Demonstration der Entscheidungshilfe

Weyland, C., Alexander, S., Bauer, S., Harzer, U., Jung, J., Kleinhenz, B., Köppler, K., Rayher, R., Winkler, A., Racca, P.: Befallsdruck KEF: Einfluss von Hecken auf umliegende Weinberge – Ergebnisse aus der Pfalz

Clim4Vitis 17.02.2020 „Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST)“, Belvaux & 18.02.2020 „Institut Viti-viticole (IVV)“, Remich, Luxemburg, Teilnehmer: Winkler, Bauer, Alexander

Vortrag:

Winkler, A. et al.: SIMKEF – A decision support system to predict *Drosophila suzukii* population dynamics

Online Berater-Workshop SIMKEF 21.04.2021, Teilnehmer: Jung, Bauer, Kleinhenz, Racca, Köppler, Rayher, Harzer

Anhang 2

Publikationen

Köppler, K., Jung, J., Püffeld, M., Rayher, R., Harzer, U., Gradl, M., Weyland, C., Tebbe, C., Winkler, A., Racca, P., Kleinhenz, B. (2019): Spotted wing drosophila: Extremely meteorosensitive – a base for the development of the Decision Support System “SIMKEF”. Proc. Joint Meeting IOBC-WPRS Working Groups “Pheromones and other semiochemicals in integrated production” & “Integrated Protection in Fruit Crops, Lisbon, Portugal, 20-25 January 2019. 146: 153-159.

Winkler, A., Jung, J., Kleinhenz, B. and Racca, P. (2020): A review on temperature and humidity effects on *Drosophila suzukii* population dynamics. Agr Forest Entomol, 22: 179-192. <https://doi.org/10.1111/afe.12381>

Winkler, A., Jung, J., Kleinhenz, B. and Racca, P. (2021), Estimating temperature effects on *Drosophila suzukii* life cycle parameters. Agr Forest Entomol. <https://doi.org/10.1111/afe.12438>