

Schlussbericht Universität Kassel



Titel:

Handwritten: 15.05.2017

**„ITApic: Application of information technologies in
precision apiculture“**

Teilprojekt Universität Kassel

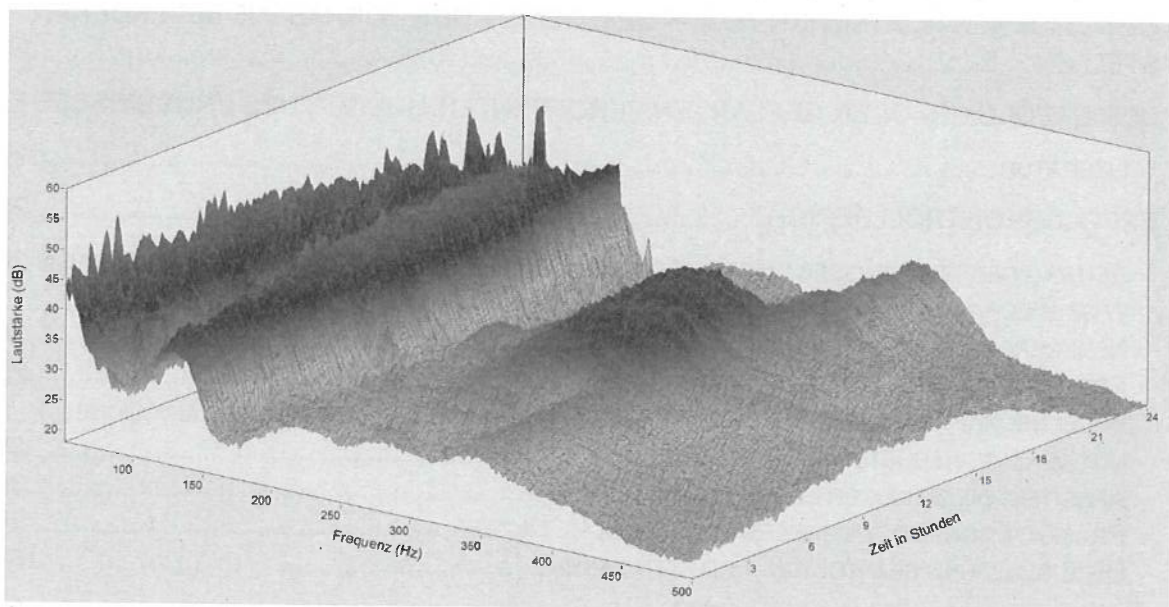
Zuwendungsempfänger: Fachgebiet Agrartechnik, Universität Kassel-Witzenhausen

Projektleitung: Prof. Dr. Oliver Hensel

Förderkennzeichen: 2812ERA006

Projektlaufzeit: 01.08.2013 bis 30.09.2016

Bereitstellung der Zuwendung 01.08.2013 bis 30.09.2016



Inhaltsverzeichnis

AUFGABENSTELLUNG.....	3
VORAUSSETZUNGEN, UNTER DENEN DAS VORHABEN DURCHGEFÜHRT WURDE....	4
PLANUNG UND ABLAUF DES VORHABENS	4
ÄNDERUNGEN IM PROJEKtablauf.....	8
WISSENSCHAFTLICHER UND TECHNISCHER STAND, AN DEN ANGEKNÜPFT WURDE, INSBESONDERE ANGABE BEKANNTER KONSTRUKTIONEN, VERFAHREN UND SCHUTZRECHTE, DIE FÜR DIE DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS BENUTZT WURDEN	10
ANGABE DER VERWENDETEN FACHLITERATUR SOWIE DER BENUTZTEN INFORMATIONSDIENSTE	11
ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN	11
DIE VERWENDUNG DER ZUWENDUNG UND DES ERZIELTEN ERGEBNISSES IM EINZELNEN, MIT GEGENÜBERSTELLUNG DER VORGEgebenEN ZIELE.....	11
AUFBAU DER BIENENVERSUCHSSTATION AUF DEM GELÄNDE DER UNIVERSITÄT KASSEL	14
MESSUNG DER AKUSTISCHEN AKTIVITÄT DER VERSUCHSVÖLKER	15
ENTWICKLUNG EINES BIENENSTOCKWIEGESYSTEMS.....	18
ENTWICKLUNG EINER ERFASSUNGSHARDWARE AUF BASIS EINES EINPLATINENCOMPUTERS....	21
ENTWICKLUNG EINES AUTARKEN MESSSYSTEMS	22
DIE WICHTIGSTEN POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES.....	26
NOTWENDIGKEIT UND ANGEMESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT	26
DER VORAUSSICHTLICHE NUTZEN, INSBESONDERE DER VERWERTBARKEIT DES ERGEBNISSES IM SINNE DES FORTGESCHRIEBENEN VERWERTUNGSPLANS	26
WÄHREND DER DURCHFÜHRUNG DES VORHABENS DEM ZE BEKANNT GEWORDENEN FORTSCHRITTS AUF DEM GEBIET DES VORHABENS BEI ANDEREN STELLEN	26
DER ERFOLGTEN ODER GEPLANTEN VERÖFFENTLICHUNGEN DES ERGEBNISSES	27
LITERATUR.....	27
ERFOLGSKONTROLLBERICHT.....	28
BEITRAG DES ERGEBNISSES ZU DEN FÖRDERPOLITISCHEN ZIELEN, DES FÖRDERPROGRAMMS	28
WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHE ERGEBNIS DES VORHABENS, DIE ERREICHTEN NEBENERGEBNISSE UND DIE GESAMMELTEN WESENTLICHEN ERFAHRUNGEN	28
FORTSCHREIBUNG DES VERWERTUNGSPLANS.....	29
WISSENSCHAFTLICHE UND WIRTSCHAFTLICHE ANSCHLUSSFÄHIGKEIT FÜR EINE MÖGLICHE NOTWENDIGE NÄCHSTE PHASE.....	30
ARBEITEN, DIE ZU KEINER LÖSUNG GEFÜHRT HABEN	30
PRÄSENTATIONSMÖGLICHKEITEN FÜR MÖGLICHE NUTZER.....	30
DIE EINHALTUNG DER KOSTEN- UND ZEITPLANUNG.....	30
KURZFASSUNG	32

Aufgabenstellung

In Europa ist die Haltung von Bienen ein wichtiger sozialer, ökonomischer und ökologischer Faktor. Die Produktion von Honig erfolgt dabei sowohl auf professioneller, semi-professioneller und privater Ebene. EU-weit wurden im Jahr 2008 Honigprodukte im Wert von 228 Mio. € hergestellt (Gallai et al., 2008). Von noch höherer ökonomischer Tragweite ist die Bestäubungsleistung der Honigbiene. Schätzungen zu Folge sind 35% der Lebensmittelproduktion in der EU direkt oder indirekt hiervon abhängig, 84% der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen sind zwingend auf eine Bestäubung durch Bienen angewiesen. Aufgrund des weiteren Rückganges der Populationen von wildlebenden Bestäubern ist eine weitere Steigerung dieses Anteils zu erwarten. 2005 wurde der wirtschaftliche Nutzen der Bestäubungsleistung von Honigbienen auf 14,2 Mrd. € für die EU und 153 Mrd. € weltweit geschätzt (Gallai et al., 2008).

Trotz dieser enormen Bedeutung für die europäische Landwirtschaft sinkt die Zahl der Imker/Imkerinnen. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Gründen wie die Intensivierung der Landwirtschaft und der daraus folgenden Monokulturen, Vergiftungen von Bienenvölkern durch die verstärkte Nutzung von Pestiziden, Parasiten (Varoamilbe), der Klimawandel und insbesondere das verstärkte Auftreten des Völkersterbens (Colony Collapse Disorder). Alle diese Gründe führen in einem Wirtschaftszweig, der durch hohe Investitionskosten für Material und Ausrüstung geprägt ist wie die Imkereien zu einer extrem angespannten finanziellen Situation der Einzelbetriebe. Ein einmaliger Verlust mehrerer Bienenvölker, wie sie in den letzten Jahren vermehrt aufgetreten sind kann somit den Bankrott bedeuten. Besonders in den östlichen Mitgliedstaaten hat diese Situation gehäuft zur Aufgabe von Imkereien geführt.

Insbesondere das zuletzt vermehrt aufgetretene massive Bienensterben stellt die Imker/Imkerinnen vor eine unlösbare Aufgabe. Weltweit wurden große Verluste gemeldet (Cox-Foster et al 2007; Pettis und Delaplane, 2010) und auch in der EU ist es zentraler Gegenstand der aktuellen Bienenforschung (Genersch et al., 2010). Aufgrund der multifaktoriellen möglichen Auslöser war es bisher nicht möglich, ein effektives Frühwarnsystem zu entwickeln.

Ziel dieses Vorhabens war es in einem EU-Verbundprojekt ein Frühwarnsystem zu erarbeiten, welches es ermöglicht eine Änderung in der Vitalität von Bienenvölkern rechtzeitig zu erfassen und gegebenenfalls eine Warnung an den/die Imker/Imkerin weiterzuleiten. Zu diesem Zweck sollten verschiedene Sensortypen (Audio-, Video-, Temperatur-, und Wettersensorik) zur Überwachung des Bienenstocks kombiniert werden. Bei extremen Änderungen der Aktivität im Bienenstock im Vergleich zum Normalverhalten soll eine Verhaltensempfehlung an den/die Imker/Imkerinnen herausgegeben werden. Es sollten Methoden der „Precision Agriculture“ abgewandelt werden um eine neue Disziplin die „Precision Apiculture“ zu erarbeiten. Dabei

sollten in einem ersten Schritt bekannte Messverfahren an die besonderen Anforderungen der Bienenhaltung angepasst und in einem zweiten Schritt die ermittelten Messdaten interpretiert und Entscheidungskriterien entwickelt. Im dritten Schritt werden die entwickelten Auswertelgorithmen und die Erfassungshardware zu einem Fertigungsmuster implementiert, welches in Feldversuchen erprobt und bis zu einem Prototypen weiter entwickelt werden sollte.

Innerhalb des EU-Verbundprojektes ITApic war es die Aufgabe der Universität Kassel ein akustisches Überwachungssystem zu entwickeln.

Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Teilprojekt der Universität Kassel wurde im Rahmen des Verbundprojektes „ITApic: Application of information technologies in precision apiculture“ durchgeführt. Das Verbundprojekt stand unter der Leitung von Prof. Dr. Egils Stalidzans von der lettischen Universität für Landwirtschaft (LUA). Weitere Partner im Verbundprojekt waren Prof. Dr. Peter Ahrendt von der dänischen Aarhus Universität (AU) und Prof. Dr. Saban Tekin von der türkischen Gaziosmanpasa Universität (GU).

Die finanzielle Förderung der Universität Kassel durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) zur Durchführung des Vorhabens betrug 295.573,03 €.

Planung und Ablauf des Vorhabens

Das geplante gesamt Forschungsvorhaben gliedert sich in die folgenden sechs Arbeitspakete (WP):

WP1: Entwicklung und Test der Messsensorik zur Erfassung von akustischen, visuellen, mikro- und makroklimatischen Parametern von Bienenstöcken.

Leitung: Aarhus University, Dänemark

WP2: Entwicklung eines Softwaretools zur Datenanalyse und Erstellung einer Webplattform.

Leitung: Latvia University of Agriculture, Lettland

WP3: Entwicklung eines Prototyps einer integrierten Erfassungs- und Auswertungshardware.

Leitung: Gaziosmanpasa University, Türkei

WP4: Entwicklung von Auswertelgorithmen und Entscheidungskriterien und Integration in eine Auswertungssoftware.

Leitung: Universität Kassel, Deutschland

WP5: Freilandexperimente mit den entwickelten Messsystemen in allen Partnerländern.

Leitung: Latvia University of Agriculture, Lettland

WP6: Projektmanagement

Leitung: Latvia University of Agriculture, Lettland

Der Zeitplan für das Verbundvorhaben ist in Abbildung 1 dargestellt.

ID	Work package	Beginn	Ende	Dauer	2013	2014			2015			2016				
					Q4	Q2	Q3	Q4	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2			
1	WP1	01.08.2013	31.07.2014	52,2w	■											
2	WP2	01.08.2013	31.07.2014	52,2w	■											
3	WP3	01.08.2014	29.07.2016	104,2w			■									
4	WP4	01.08.2014	29.07.2016	104,2w			■									
5	WP5	02.03.2015	29.07.2016	74w				■								
6	WP6	01.08.2013	29.07.2016	156,4w	■											

Abbildung 1: Gantt Chart für die Arbeitspakete des Gesamtvorhabens

Die Aufgaben der Universität Kassel im Gesamtvorhaben gliederten sich in drei Arbeitspakete:

1. Entwicklung einer Erfassungshardware für die Erfassung von akustischen Vitalitätsparametern innerhalb des WP1 des Gesamtvorhabens.
2. Durchführung von Feldversuchen im Rahmen des WP5 des Gesamtvorhabens.
3. Entwicklung von Auswertelgorithmen und Entscheidungskriterien zur integrierten Auswertung der Messdaten in dem zu entwickelnden Messsystem. (WP 4 des Gesamtvorhabens).

Im Folgenden sind die drei Arbeitspakete und sieben Meilensteine des Teilprojektes der Universität Kassel, Fachgebiet Agrartechnik im Detail dargestellt:

Arbeitspaket 1 (01.08.2013 – 31.07.2014):

In diesem Arbeitspaket soll eine akustische Messerfassung entwickelt, welche eine kontinuierliche Aufnahme und Auswertung von Vitalitätsparametern eines Bienenstockes ermöglicht. Bei einem ersten Projekttreffen in Lettland muss hierfür zuerst in Zusammenarbeit aller Projektpartner ein geeigneter Stock für die Integration der Messhardware der verschiedenen Projektpartner ausgewählt werden, so dass alle Projektpartner mit dem gleichen Stockaufbau arbeiten, was eine Kompatibilität der Entwicklungen der einzelnen Teilprojekte aus dem WP1 gewährleistet. Im zweiten Schritt sollte der ausgewählte Stockaufbau an der Universität Kassel gefertigt werden. Die gefertigten Stöcke werden dann zum einen auf Ihre akustischen Eigenschaften untersucht und zum anderen sollten auf dem Versuchsgelände der Universität eine Versuchsstation eingerichtet werden, welche aus 6 Bienenstöcken besteht, die durch neue Bienenvölker besiedelt werden, sowie aus einer Datenerfassungseinheit, welche ein kontinuierliches Aufzeichnen von akustischen Messdaten ermöglicht. Die Erfassung der akustischen Eigenschaften der Stöcke erfolgt unter Laborbedingungen, wo mittels hochgenauer Messtechnik Impedanz und Transmissionsverhalten bestimmt werden sollen. Parallel hierzu wird ebenfalls in

Laborversuchen eine spektrale und zeitliche Typisierung von Geräuschen von Bienen durchgeführt. Dazu werden unter Laborbedingungen gezielt Bienen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien in gegen Nebengeräusche abgeschirmte Behältnisse gesetzt und mittels hochgenauer Messmikrofone die arteigenen Geräuschspektren erstellt. Die in den Laborversuchen ermittelten Ergebnisse werden ausgewertet und dienen als Grundlage für die Auswahl geeigneter Sensoren und Konzeption der Erfassungshardware für die Erprobung in der errichteten Versuchsstation.

Meilenstein 1: Erste Erfassungshardware konzipiert und gefertigt (28.02.2014)

Im folgendem sollte die neue Erfassungshardware unter Praxisbedingungen in den sechs Bienenstöcken der erbauten Versuchsstation erprobt werden und gegebenenfalls Änderungen oder Anpassungen durchgeführt werden. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Erfassung und Filterung auftretender Nebengeräusche gelegt werden um ein möglichst optimales Nutzsignal zu erhalten. In einem zweiten Projekttreffen in der Türkei sollten dann in Zusammenarbeit aller Projektpartner die nötigen Schnittstellen für die separat entwickelten Sensorsysteme festgelegt werden um die Voraussetzung für die Integration aller Systeme in eine gemeinsame Erfassungshardware zu gewährleisten. Abschließend sollten dann unter Anwendung der Ergebnisse des zweiten Projekttreffens eine Anpassung und Erprobung der akustischen Erfassungshardware und die Übergabe des endgültigen Systems an die türkischen Partner erfolgen.

Meilenstein 2: Akustische Erfassungshardware entwickelt und an die türkischen Partner übergeben. (31.07.2014)

Arbeitspaket 2 (01.03.2015 – 31.07.2016):

In diesem Arbeitspaket sollen die Datengrundlagen für die Entwicklung der Entscheidungskriterien geschaffen und die Erfassungshardware und –software erprobt werden. Dazu sollten ab März 2015 Versuche unter Praxisbedingungen in der auf dem Versuchsgelände geschaffenen Versuchsstation durchgeführt werden. Als Messsystem soll ein erster Prototyp der Erfassungshardware des Gesamtprojektes eingesetzt werden, welcher in Zusammenarbeit mit den hierfür zuständigen türkischen Partnern beschafft werden soll. Alle erfassten Messparameter (akustische, visuelle, mikro- und makroklimatische) werden parallel aufgezeichnet und zentral gespeichert. Zum einen sollen innerhalb dieses Arbeitspaketes das Normalverhalten der Bienenvölker unter den lokalen Bedingungen, als auch durch hervorgerufene Eingriffe Abweichungen vom Normalverhalten erfasst werden. Die erfassten Daten werden analysiert, aufbereitet und auf einen für das Projekt zentralen Datenserver weitergeleitet.

Meilenstein 3: Datengrundlage für die endgültige Entwicklung der Entscheidungskriterien geschaffen. (29.02.2016)

Ab März 2016 sollen dann abschließend Versuche mit dem Prototypen des integrierten Messsystems durchgeführt werden um dieses unter den lokalen Bedingungen zu erproben.

Meilenstein 4: Prototyp des Messsystems erprobt und Funktionsfähigkeit bewiesen. (31.07.2016)

Arbeitspaket 3 (01.08.2014 – 31.07.2016):

In diesem Arbeitspaket sollen Algorithmen entwickelt werden, welche es ermöglichen die vom Messsystem erfassten Messdaten auszuwerten und in entsprechende Handlungsempfehlungen für den/die Imker/Imkerin umzuwandeln. Es soll ein für das Gesamtprojekt zentraler Datenbankserver aufgesetzt werden, welcher es ermöglicht die gesammelten und aufbereiteten Daten, der in den einzelnen Partnerländer durchgeführten Versuche, zusammenzuführen und anschließend zu analysieren. Während eines gemeinsamen Projekttreffens sollen die Kriterien für eine gemeinsame Datenbank erarbeitet werden, welche dann im Anschluss von der Universität Kassel entwickelt und umgesetzt werden. Im Folgenden können dann alle Projektpartner die aufbereiteten Versuchsergebnisse in regelmäßigen Abständen auf den errichteten Datenbankserver hochladen.

Meilenstein 5: Datenbank und Datenbankserver eingerichtet und online. (28.02.2015)

Die von allen Projektpartnern bereit gestellten Daten sollen unter Nutzung von statistischen Werkzeugen der Mustererkennung und Zeitreihenanalyse untersucht werden und gefundene Zusammenhänge werden in Auswertelgorithmen übergeleitet. Dafür werden zuerst Kriterien für die Beschreibung eines normalen Vitalitätstatus entwickelt und im folgenden Schwellenwerte für Abweichungen festgelegt. Die entwickelten Entscheidungskriterien sollen dann in Zusammenarbeit mit den türkischen Partnern in das Messsystem implementiert und ein erstes Fertigungsmuster hergestellt werden.

Meilenstein 6: Erste Entscheidungskriterien entwickelt und in Fertigungsmuster implementiert. (29.02.2016)

Im letzten Abschnitt des Arbeitspaketes sollen die unter Versuchsbedingungen ermittelten Ergebnisse überprüft und gegebenenfalls Anpassungen an die Entscheidungskriterien durchgeführt und implementiert werden. Zum Abschluss des Arbeitspaketes sollen die Entscheidungskriterien verifiziert und abschließend in das Messsystem integriert worden sein.

Meilenstein 7: Entscheidungskriterien fertiggestellt und in das Messsystem integriert. (31.07.2016)

Hieraus ergab sich der in Abbildung 2 dargestellte Ablaufplan des deutschen Teilprojektes.

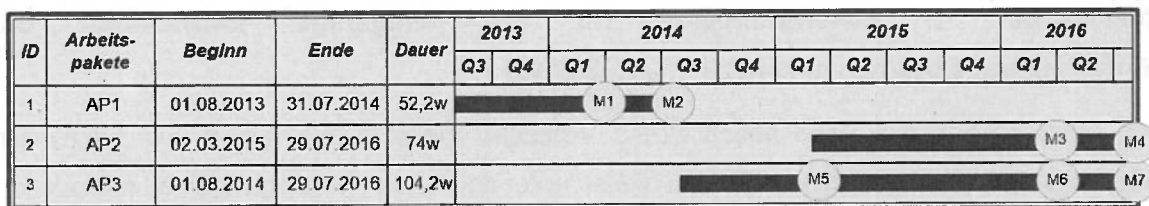


Abbildung 2: Gantt Chart für die Arbeitspakete des deutschen Teilprojekts inklusive der Meilensteine

Änderungen im Projektablauf

In der ursprünglichen Planung war es vorgesehen, die Geräuschemissionen der Bienenvölker mittels Vibrationssensoren an den Außenwänden der Bienenstöcke zu erfassen. Es zeigte sich jedoch in den durchgeführten Messungen zu den akustischen Eigenschaften der genutzten Bienenstöcke, dass das von den Piezosensoren gemessene Signal nicht geeignet war die im Bienenstock erzeugten Schallsignale zu erfassen. Grund hierfür sind Eigenschwingungen der durch die Schallsignale erregten Bienenstöcke, welche bei nicht linearen natürlichen Schallquellen das Originalsignal überlagerten und verfremdeten. Aus diesem Grund fanden alle weiteren Messungen mit Luftschallmikrofonen statt um eine naturgetreue optimale Erfassung der Bienenaktivität zu gewährleisten. Diese wurden zuerst unterhalb des Gitterbodens der Bienenstöcke angebracht. Im Laufe der Aufnahmen im Jahr 2014 zeigte sich jedoch, dass dieser Anbringungsort nicht für eine dauerhafte Nutzung geeignet ist, so dass im Jahr 2015 die Mikrofone im Deckel der Bienenstöcke montiert wurden. Dieser Unterschied im Anbringungsort der Mikrofone sorgte für eine signifikante Differenz der erfassten akustischen Signale, so dass die in 2014 erfassten Aufnahmen nicht für die Erstellung eines Auswertalgorithmus an der neuen Position genutzt werden konnten. Somit kam es zu einer Verschiebung in der Entwicklung des geplanten Auswertalgorithmus um ein Jahr.

Beim dritten Projektpartnertreffen in der Türkei (03. – 06. 11. 2014) zeigte sich, dass der türkische Partner entgegen der ursprünglichen Planung nicht in der Lage war die Sensorsysteme der anderen Projektpartner in ein Sensorsystem zusammen zu fassen. Aus diesem Grund wurde beschlossen, dass für die Versuche im Jahr 2015 alle Partner eigenständige Hardwaresysteme entwickeln, welche Raspberry Pi Einplatinencomputer als Basis haben. Durch die Verwendung einer gleichen Hardwarebasis war gewährleistet, dass die Eigenentwicklungen der Projektpartner kompatibel zueinander sind. Hieraus ergaben sich zusätzliche nicht geplante Arbeitspakete für die Universität Kassel.

Weiterhin zeigte sich bei der Analyse der Soundaufnahmen aus dem Versuchsjahr 2014, dass die zusätzlich erfassten Messdaten (Wetterdaten und Imkeraufzeichnungen) nicht geeignet sind, den Honigeintrag der Bienenvölker zu beschreiben. Aus diesem Grund wurde

beschlossen, ein weiteres Messsystem in den Versuch zu integrieren, um einen Vergleichsparameter für das neu hinzugewonnene Frequenzband zu haben. Hierfür wurde ein eigenes Wägesystem zur Erfassung der Stockgewichte entwickelt, welches ein weiteres neues Arbeitspaket erforderte.

Entsprechend wurde daher der ursprüngliche Versuchsplan um die Arbeitspakete „Einplatinencomputer Erfassungshardware“ (AP4), „Autonomes Messsystem“ (AP5) und „Wägesystem“ (AP6) und die zugehörigen Meilensteine ergänzt.

Im Folgenden sind die zusätzlichen Arbeitspakete und Meilensteine detailliert aufgelistet:

Arbeitspaket 4 (01.01. – 31.12. 2015):

In diesem Arbeitspaket sollte eine Erfassungshardware auf Basis eines RaspberryPi oder vergleichbaren Einplatinencomputers entwickelt werden. Hierfür sollten geeignete Systeme beschafft werden und in Kombination mit verschiedenen Mikrofonen erprobt werden. Ebenso war es erforderlich eine spezielle Software in der Sprache Python zu entwickeln.

Meilenstein 8: Geeignete Hardware ausgewählt und spezielle Software erstellt. (31.12.2015)

Arbeitspaket 5 (01.01. – 31.12. 2015):

In diesem Arbeitspaket soll ein autonomes integriertes Messsystem bestehend aus der in AP4 entwickelten Erfassungshardware und –software konzipiert werden. Dieses Messsystem soll einfach in bestehende Bienenstöcke integrierbar sein und über eine autonome Stromversorgung mittels Akkumulatoren und /oder Solarzellen verfügen.

Meilenstein 9: Autonomes integriertes Messsystem gefertigt. (29.07.2016)

Arbeitspaket 5 (01.01. – 31.12. 2015):

In diesem Arbeitspaket soll ein Wägesystem in den Versuchsaufbau der Bienenversuchsstation integriert werden. Hierfür sollen geeignete Wägezellen ausgewählt und beschafft werden. Im nächsten Schritt sollen diese Wägezellen in die Versuchsbienenstöcke integriert werden und eine geeignete Soft- und Hardware für die Aufzeichnung der Wiegedaten erstellt werden

Meilenstein 10: Wägesystem gefertigt, in den Versuchsstöcken installiert und automatische Datenaufnahme einsatzbereit. (01.06.2015)

Der geänderte Arbeitsablauf ist in Abbildung 3 noch einmal grafisch dargestellt.

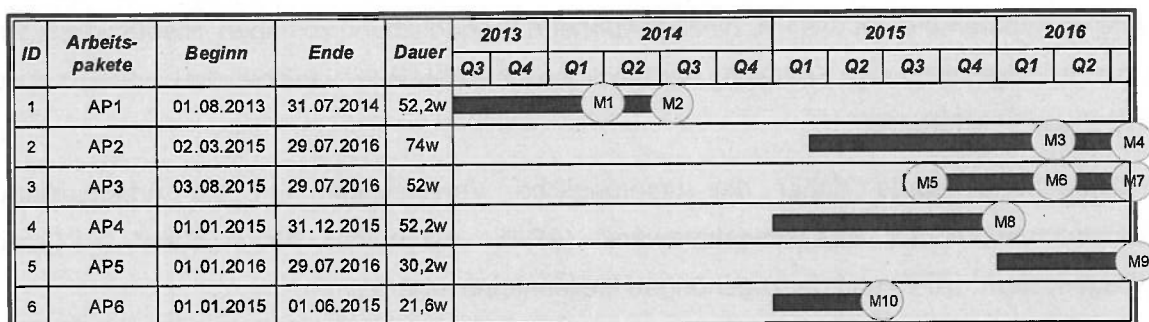


Abbildung 3: Gantt Chart für den geänderten Arbeitsablauf des deutschen Teilprojekts inklusive der neuen Arbeitspakete und Meilensteine

Aufgrund des durch die notwendige Entwicklung einer eigenen Messhardware entstandenen zusätzlichen Arbeitsaufwandes im Projekt konnte bis zum Ende des Projektes kein oder ein nur bedingter Austausch von Messhardware – und daten mit den ausländischen Partnern erfolgen. Somit beschränkte sich die Datengrundlage für die Entwicklung der Auswertalgorithmen auf die von der Uni Kassel, Fachgebiet Agrartechnik erfassten Daten. Die Ergebnisse der Versuche der Projektpartner wurden von den Partnern separat ausgewertet und veröffentlicht. Die durchgeführte akustische Erfassung auf den Versuchsstand dauerte (zur Gewährleistung einer relevanten Stichprobengröße) bis einschließlich 31.7.2016 an (Projektende). Aus diesem Grund war eine Auswertung der Ergebnisse erst nach Abschluss des Projektes möglich, so dass die Veröffentlichung der Ergebnisse im Jahr 2017 erfolgen wird. Trotz der Änderungen im Projektablauf gelang es, bis zum Ende des Projektes eine praxisrelevante Erfassungshardware und -software zu entwickeln, es ist geplant diese unter einer Open Source Lizenz Imkern verfügbar zu machen.

Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

In Europa ist die Haltung von Bienen ein wichtiger sozialer, ökonomischer und ökologischer Faktor. Die Produktion von Honig erfolgt dabei sowohl auf professioneller, semi-professioneller und privater Ebene. EU-weit wurden im Jahr 2008 Honigprodukte im Wert von 228 Mio. € hergestellt (Gallai et al., 2008). Von noch höherer ökonomischer Tragweite ist die Bestäubungsleistung der Honigbiene. Schätzungen zu Folge sind 35% der Lebensmittelproduktion in der EU direkt oder indirekt hiervon abhängig, 84% der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen sind zwingend auf eine Bestäubung durch Bienen angewiesen. Aufgrund des weiteren Rückganges der Populationen von wildlebenden

Bestäubern ist eine weitere Steigerung dieses Anteils zu erwarten. 2005 wurde der wirtschaftliche Nutzen der Bestäubungsleistung von Honigbienen auf 14,2 Mrd. € für die EU und 153 Mrd. € weltweit geschätzt (Gallai et al., 2008).

Trotz dieser enormen Bedeutung für die europäische Landwirtschaft sinkt die Zahl der Imker/Imkerinnen. Hierfür gibt es eine Vielzahl von Gründen wie die Intensivierung der Landwirtschaft und der daraus folgenden Monokulturen, Vergiftungen von Bienenvölkern durch die verstärkte Nutzung von Pestiziden, Parasiten (Varoamilbe), der Klimawandel und insbesondere das verstärkte Auftreten des Völkersterbens (Colony Collapse Disorder). Alle diese Gründe führen in einem Wirtschaftszweig, der durch hohe Investitionskosten für Material und Ausrüstung geprägt ist wie die Imkereien zu einer extrem angespannten finanziellen Situation der Einzelbetriebe. Ein einmaliger Verlust mehrerer Bienenvölker, wie sie in den letzten Jahren vermehrt aufgetreten sind kann somit den Bankrott bedeuten. Besonders in den östlichen Mitgliedstaaten hat diese Situation gehäuft zur Aufgabe von Imkereien geführt.

Insbesondere das zuletzt vermehrt aufgetretene massive Bienensterben stellt die Imker/Imkerinnen vor eine unlösbare Aufgabe. Weltweit wurden große Verluste gemeldet (Cox-Foster et al 2007; Pettis und Delaplane, 2010) und auch in der EU ist es zentraler Gegenstand der aktuellen Bienenforschung (Genersch et al., 2010). Aufgrund der multifaktoriellen möglichen Auslöser war es bisher nicht möglich, ein effektives Frühwarnsystem zu entwickeln.

Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Als Fachliteratur dienten wissenschaftliche Fachzeitschriften, Projektberichte sowie Konferenz- und Seminarberichte. Es fanden regelmäßige Schlagwortsuchen in den einschlägigen Datenbanken, Katalogen, sowie im Internet statt. Einschlägige Standardwerke wurden bei einigen Fragestellungen ebenso hinzugezogen.

Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Es erfolgte keine Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Die Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Akustischen Eigenschaften der eingesetzten Bienenbeuten

Zu Projektbeginn wurden die akustischen Eigenschaften der in den folgenden Versuchen zum Einsatz kommenden Bienenbeuten ermittelt. Hierfür wurde eine Schallschutzbox entworfen, welche aus einer äußeren und einer inneren Box aufgebaut ist (Abb.4).

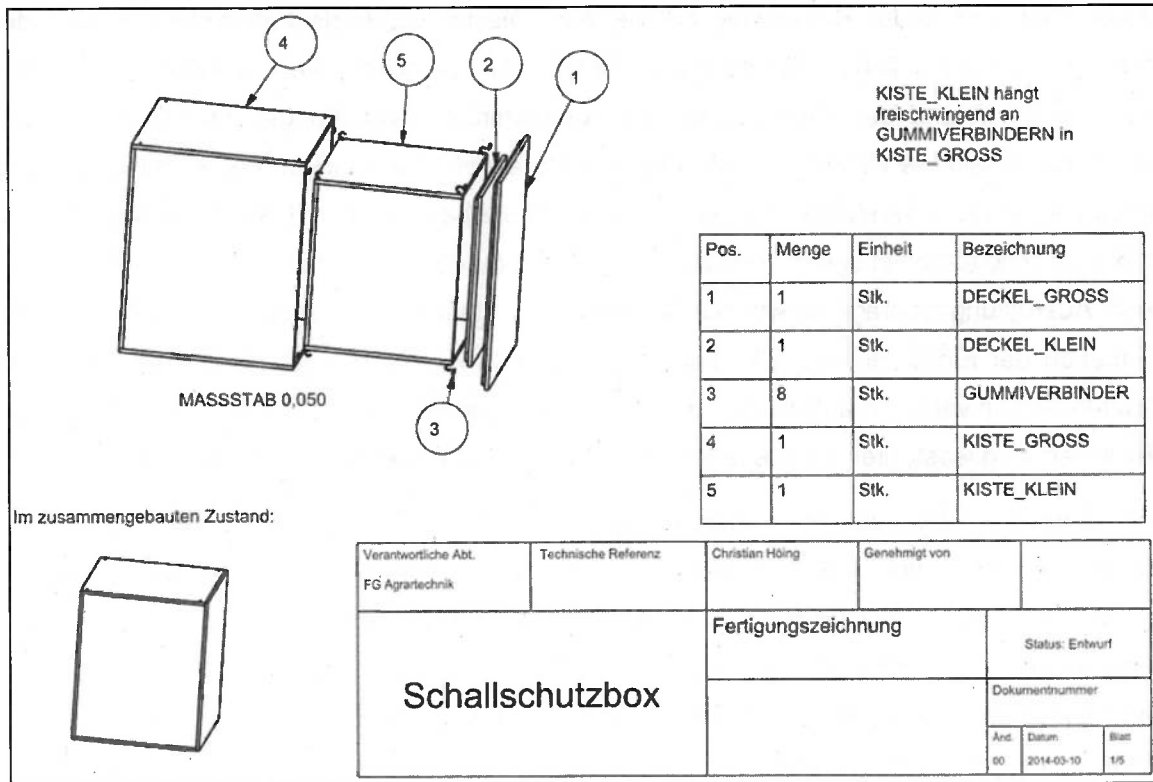


Abbildung 4: Fertigungszeichnung der entworfenen Schallschutzbox

In der schalldichten Box wurde ein Bienenkasten positioniert in dem ein Lautsprecher mit einer homogenen Frequenzwiedergabe mit einer hängenden Befestigung, zur Vermeidung von direkten Übertragungen von Schallfrequenzen auf die Stockwände, untergebracht war (Abb. 5). In der ursprünglichen Planung war es vorgesehen, die Geräuschemissionen der Bienenvölker mittels Vibrationssensoren an den Außenwänden der Bienenstöcke zu erfassen, daher wurden im Versuchsaufbau zwei Piezosensoren an die Außenwände der Bienenstöcke angebracht und ein Messmikrofon im Innenraum zur Erfassung des von Lautsprecher ausgestrahlten Signals. Es zeigte sich, dass das von den Piezosensoren gemessene Signal nicht geeignet war die im Bienenstock erzeugten Schallsignale zu erfassen. Grund hierfür sind Eigenschwingungen der durch die Schallsignale erregten Bienenstöcke, welche bei nicht linearen natürlichen Schallquellen das Originalsignal überlagerten und verfremdeten (Abb. 6).

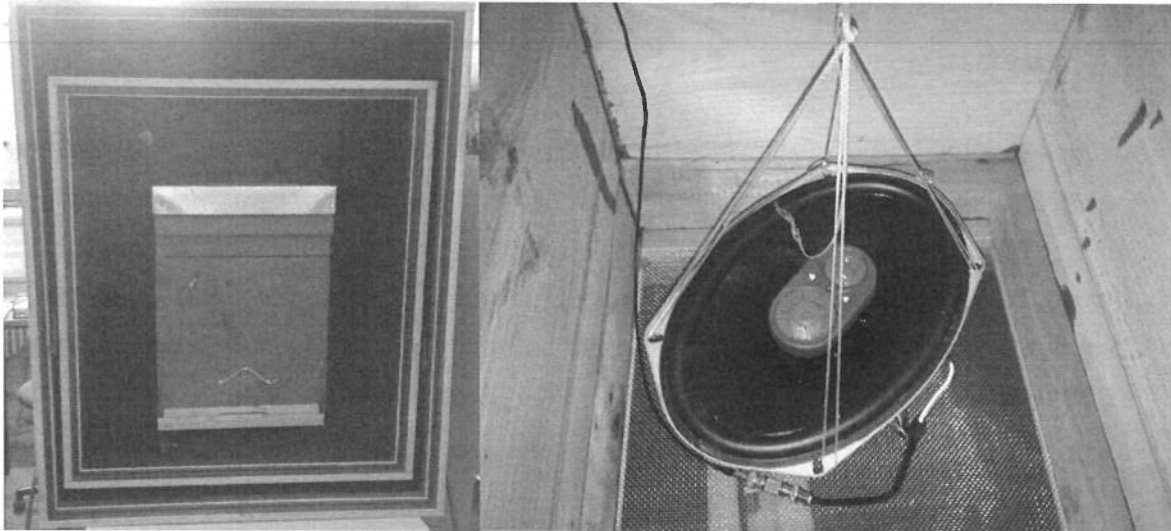


Abbildung 5: Versuchsaufbau zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften der verwendeten Beuten. Links Bienenbeute in der entwickelten Schallschutzbox und rechts aufgehängter Lautsprecher.

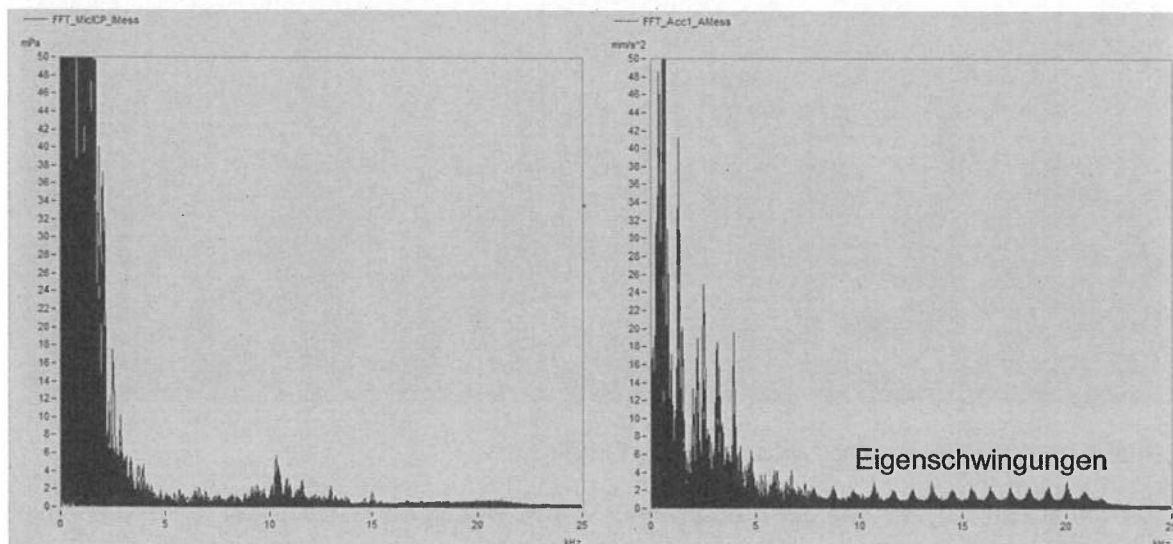


Abbildung 4: Spektrogramme der erfassten Messfrequenzen (0 – 25 kHz) des Innenraum-Mikrofons (links) und eines an der Außenwand angebrachten Piezosensors (rechts). Deutlich zu erkennen sind die Eigenschwingungen des Bienenstockes im Bereich größer als 10 kHz.

Vibrationssensoren an der Bienenstockaußenwand sind somit nicht geeignet, die durch die Bienenaktivität erzeugten Geräuschemissionen zu erfassen. In den folgenden Versuchen finden aus diesem Grund alle weiteren Messungen mit Luftschallmikrofonen statt um eine naturgetreue optimale Erfassung der Bienenaktivität zu gewährleisten.

Zur akustischen Erfassung der Bienenvölker wurde ein Mikrofon für jedes Bienenvolk unterhalb des Bienenkastens positioniert, welche durch dem unten in der Beute befindlichen Gitterböden geschützt wurden. Es handelt sich dabei um zwei durch das Projekt angeschaffte ICP-Mikrofone (PCB 426E01 ICP) und vier vom Fachgebiet unentgeltlich zur Verfügung gestellten Sennheiser Mikrofonen (MD 441-U). Alle Mikrofone sind an das 8 kanaligen

Messgerät „imc CS-3008-N“ angeschlossen, welches die von den Völkern erzeugten Geräusche mit einer Messfrequenz von 50 kHz kontinuierlich aufzeichnet.

Aufbau der Bienenversuchsstation auf dem Gelände der Universität Kassel

Es wurden insgesamt 6 Bienenstöcke des Typus „10er Dadant“, auf welchen sich alle Projektpartner während des ersten Projekttreffens geeinigt hatten, auf dem Versuchsgelände „Am Sande“ des Fachgebietes Agrartechnik aufgestellt und mit neuen Völkern bestückt. Die Stöcke stehen unter einem Vordach vor einem Container, in welchem sämtliche Messelektronik für den Versuch untergebracht ist (Abb. 7).



Abbildung 7: Bienenversuchsstation der Universität Kassel

Zur akustischen Erfassung der Bienenvölker wurde jeweils ein Mikrofon für jedes Bienenvolk unterhalb des Bienenkastens positioniert, welche durch dem unten in der Beute befindlichen Gitterböden geschützt wurden. Es handelt sich dabei um zwei durch das Projekt angeschaffte ICP-Mikrofone (PCB 426E01 ICP) und vier vom Fachgebiet unentgeltlich zur Verfügung gestellten Sennheiser Mikrofonen (MD 441-U). Alle Mikrofone waren an ein 8 kanaliges Messgerät „imc CS-3008-N“ angeschlossen, welches die von den Völkern erzeugten Geräusche mit einer Messfrequenz von 50 kHz kontinuierlich aufzeichnete.

Neben den akustischen Parametern wurden auch die Witterungsbedingungen mittels einer in der direkten Nähe befindlichen Wetterstation mit einem Messintervall von fünf Minuten aufgezeichnet. Die Wetterstation erfasst dabei die Parameter, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Sonnenstrahlungsaktivität. Die imkerliche Betreuung der Bienen erfolgt durch die im Projekt angestellte wissenschaftliche Hilfskraft und einer weiteren im Fachgebiet angestellten Person, welche über weitreichende

Erfahrungen verfügen. Für die Erfassung der Gesundheit und der Entwicklung der einzelnen Bienenvölker wurde ein Boniturschema entwickelt, welches bei der wöchentlichen Inspektion der Bienenvölker angewendet wurde.

Messung der akustischen Aktivität der Versuchsvölker

Nach dem Aufbau der Völker und dem Test der Messtechnik wurde im Zeitraum vom 17.07. bis zum 19.09.2014 an insgesamt 49 Messtagen eine kontinuierliche Messung durchgeführt. Dabei wurden ca. 3 Terrabyte an kontinuierlichen akustischen Messdaten erfasst. Diese Messdaten wurden mittels der Analysesoftware „imc-Famos“ in Tagesdateien umgewandelt, so dass nach der Kontrolle der Messdaten und dem Ausmerzen fehlerhafter Messwerte 290 Dateien erstellt wurden. Im nächsten Schritt wurden die kontinuierlichen Schwingungsdaten in Frequenzspektrogramme mit einer Länge von 5 Minuten überführt um die zeitliche Abfolge der Bienenaktivität eines Tages anhand der 288 Einzelspektren und den darin auftretenden Frequenzspitzen zu untersuchen (Abb. 8). Diese ca. 80.000 Einzelspektrogramme wurden im Dezember 2014 erstellt und zu Beginn des Jahres 2015 einer ersten Analyse unterzogen. In Abbildung 8 sind diese 288 Einzelspektren in einem 3D-Diagramm dargestellt. Deutlich zu erkennen ist das Grundsummen des Stockes zwischen 100-150 Hz und die Zu- und Wiederabnahme in den Anteilen der Flügelschlagfrequenz (200-250 Hz) während der Sammelphase im Tagesverlauf.

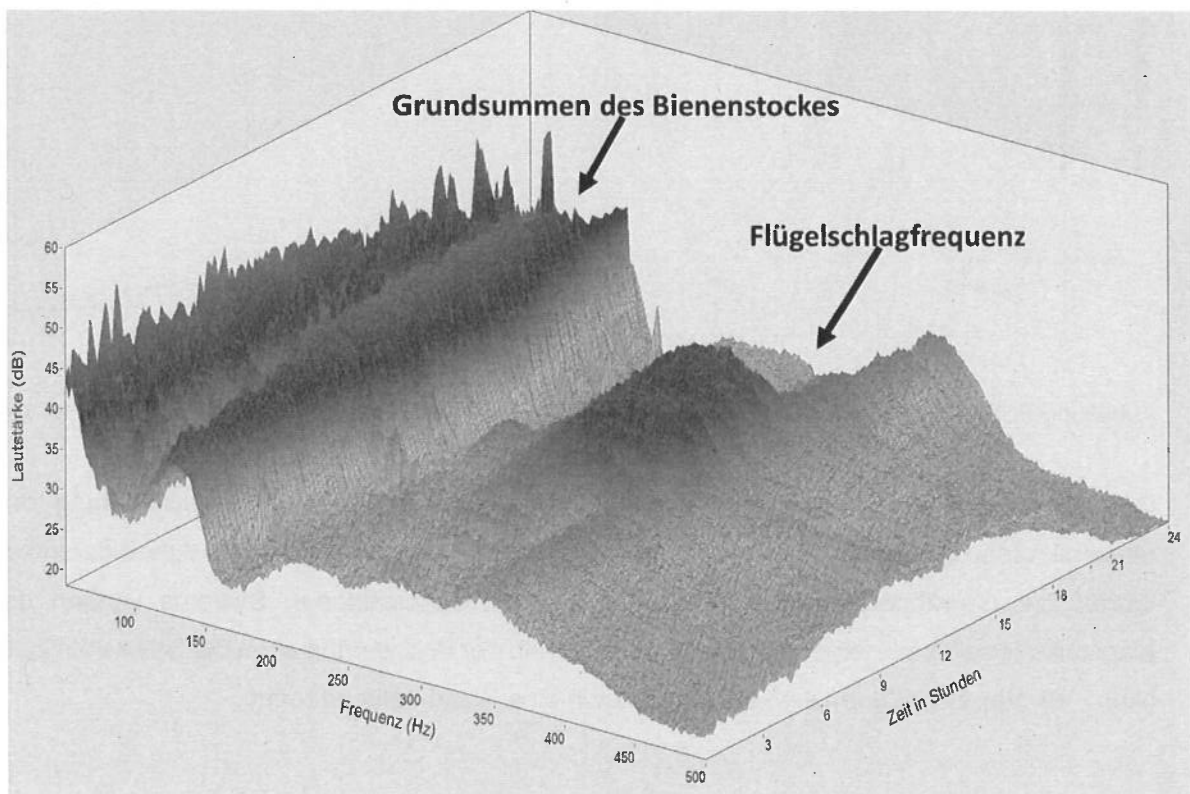


Abbildung 8: 3D-Diagramm von 288 fünfminütigen Einzelspektren generiert aus der kontinuierlichen Aufzeichnung der Geräuschemissionen des Bienenstocks Nr. 5 vom 17.07.2014.

Diese zwei auffälligen Frequenzbereiche zeigten sich bei allen Bienenvölkern. Jedoch weisen sie zwischen den Völkern eine große Variation auf (Abb. 9). Dabei variierten sowohl die Lautstärke der beiden Frequenzbereiche, als auch die Position dieser Frequenzbänder im Frequenzspektrum. Grund hierfür sind Unterschiede in der Volkstärke, Verteilungen der Bienen im Stock und der Wabennutzung zwischen den Versuchsvölkern. Ebenso traten im Jahresverlauf Variationen in der Ausprägung und der Position dieser Frequenzbänder innerhalb der Messungen eines Volkes auf. Dies spiegelt die unterschiedlichen Ausprägungen einzelner Verhaltensweisen der Völker wieder. Für die Erstellung der automatischen Auswertalgorithmen können somit aufgrund der gemessenen Variationen keine festen Schwellenwerte gesetzt werden sondern es müssen gleitende Werte für einen noch zu definierenden Auswertungszeitraum ermittelt werden. In der Datenanalyse zeigte sich, dass oberhalb von 500 Hz keine für die Auswertung nutzbaren Signale zu finden waren. Es wurde daher beschlossen, zur Reduzierung der Datenmenge die Messfrequenz der akustischen Aufzeichnungen im Jahr 2015 von 50 kHz auf 5 kHz zu reduzieren.

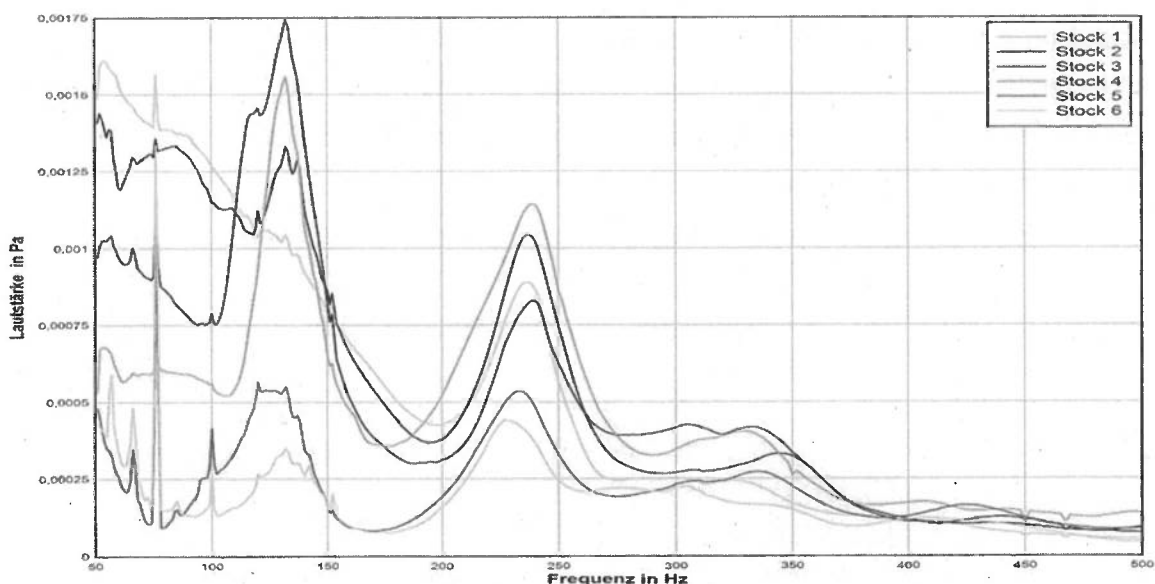


Abbildung 9: Standardabweichung der Lautstärke (Pa) über alle erfassten Frequenzspektren für die sechs Versuchsbienenstöcke im Frequenzbereich von 51-500 Hz

Des Weiteren hatte sich in der Versuchsführung gezeigt, dass die Positionierung der Messmikrofone unterhalb der Bienenstöcke zu Problemen in der praktischen Arbeit der Imker führte. Zur Gewährleistung der Praxisreife des zu entwickelnden Systems wurden die Messmikrofone für alle folgenden Versuche oberhalb der Wabenrähmchen der Stöcke platziert (Abb. 10). Von den Bienen sind sie dabei durch eine Plastikfolie getrennt.

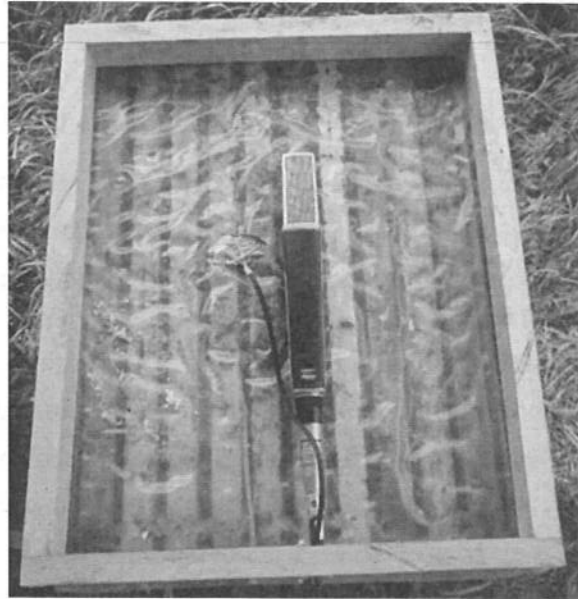


Abbildung 10: Neue Position der Messmikrofone oberhalb der Waabenrähmchen.

Werden im Verlauf der Saison zusätzliche Honigräume auf die Bienenstöcke aufgesetzt befinden sich die Messmikrofone oberhalb dieser. Diese neue Positionierung erwies sich im Versuchsjahr 2015 als äußerst praktikabel. Des Weiteren bietet diese Position mehrere Vorteile für das zu entwickelnde System. Zum einen besteht ein besserer Schutz gegen Witterungseinflüsse und Verschmutzungen und zum anderen kann das zukünftige System fest in den Deckel der Beuten integriert werden und ist folglich für die Imker einfach nachzurüsten. Ein weiterer Vorteil der neuen Positionierung zeigte sich mit Beginn der Honigsammelphase im Jahr 2015. Bei allen Völkern trat ein neues Frequenzband im Bereich zwischen 350 und 450 Hz auf (Abb. 11).

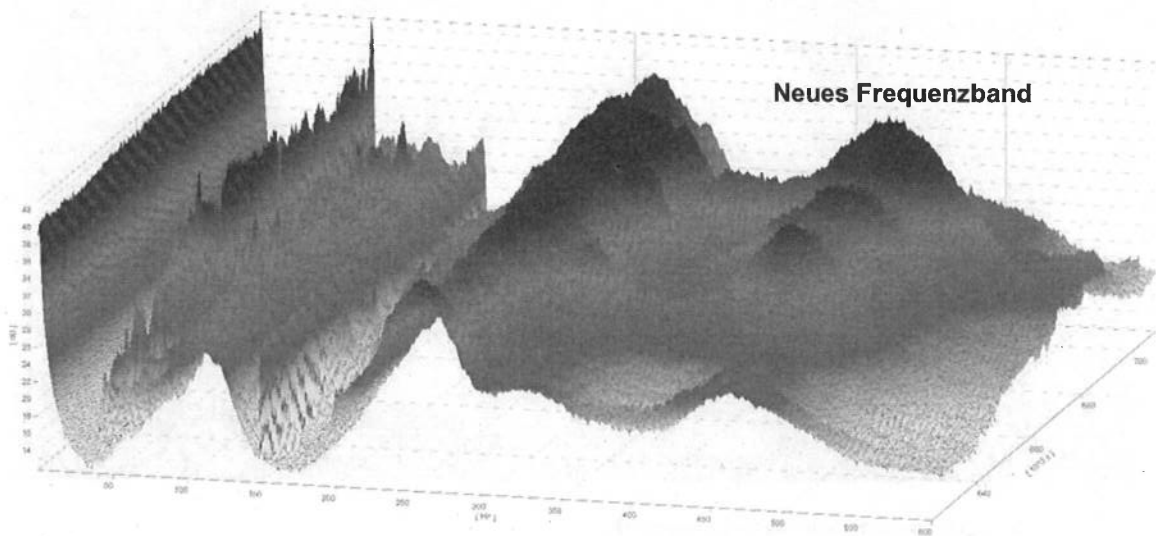


Abbildung 11: 3D-Diagramm von 288 fünfminütigen Einzelspektren eines Tages eines Bienenstockes aus dem Jahr 2015 mit dem neuen Frequenzband

Dieses Frequenzband entspricht einer erhöhten Flügelschlagfrequenz, welche die Bienen bei der Einlagerung des eingetragenen Honigs erzeugten. Durch dieses Frequenzband wird folglich eine akustische Detektion der Honigsammelleistung der Bienenvölker möglich.

Weitere Auswertungen konnten aufgrund der zusätzlichen durchgeführten Arbeiten im Projektverlauf noch nicht durchgeführt werden. Eine Veröffentlichung der vollständigen Auswertung und die Entwicklung der Auswertalgorithmen sind für das Jahr 2017 geplant.

Entwicklung eines Bienenstockwiegesystems

Weiterhin zeigte sich bei der Analyse der Soundaufnahmen aus dem Versuchsjahr 2014, dass die zusätzlich erfassten Messdaten (Wetterdaten und Imkeraufzeichnungen) nicht geeignet sind, den Honigeintrag der Bienenvölker zu beschreiben. Aus diesem Grund wurde beschlossen, ein weiteres Messsystem in den Versuch zu integrieren, um einen Vergleichsparameter für das neu hinzugewonnene Frequenzband zu haben. Hierfür wurde ein eigenes Wägesystem zur Erfassung der Stockgewichte entwickelt. Den Kern jeder Stockwaage bilden Wägezellen (Single Point Plattformzelle H30A-C3-0100, Bosche Wägetechnik) die zwischen zwei H-Trägern positioniert sind (Abb. 12). Über zwei Klemmboxen(digitaler Kabelkasten JBC-D44, Bosche Wägetechnik)sind diese mit einem PC verbunden. Auf dem PC zeichnet eine selbstgeschriebene Software die Gewichtsdaten der einzelnen Stöcke mit einem Messintervall von fünf Minuten auf und sendet diese Daten auf einen Server.

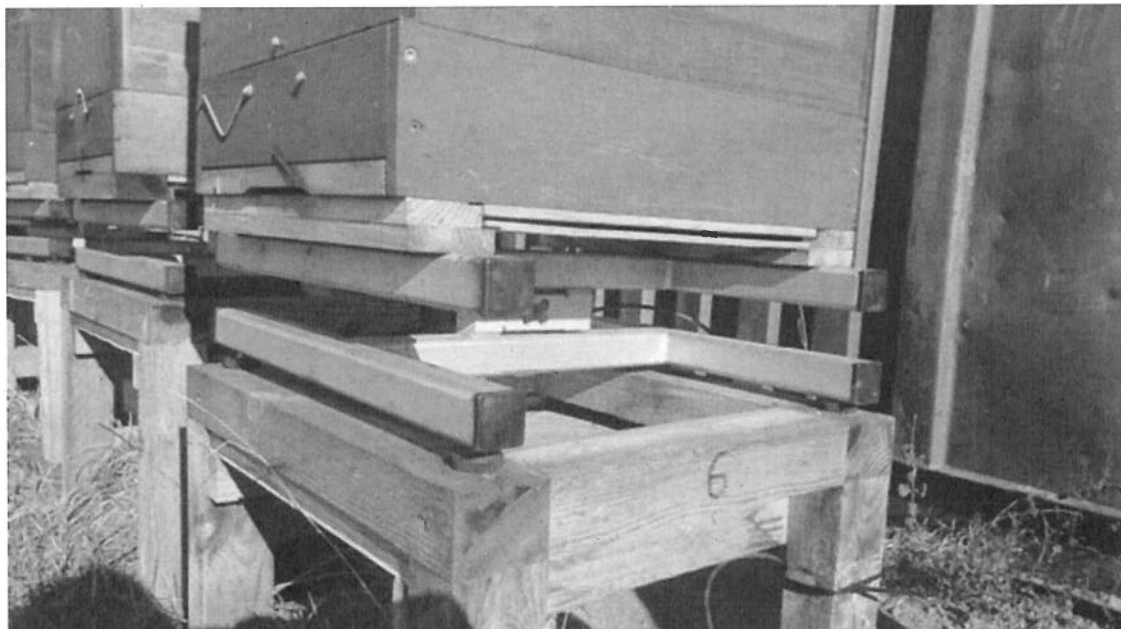


Abbildung 12: Das neu entwickelte Wägesystem.

Erste Analysen im Jahr 2015 zeigten, dass das neue Wägesystem gute Rückschlüsse auf das Honigsammelverhalten der Völker ermöglicht und auch zusätzliche wertvolle Informationen für

die Entwicklung der Auswertalgorithmen liefert. So konnte am 02.06.2015 gleich zu Beginn der Erprobungsphase des neuen Systems das Schwärmen von Versuchsvolk 6 erfasst werden.

Nachfolgend werden die Stockgewichtsveränderungen der Völker 5 und 6 des Versuchsbienenstandes über drei Tage verglichen. Hierbei ist am zweiten Tag ein Schwarmprozess bei Volk 6 aufgezeichnet worden. Das besondere hierbei ist die direkte Vergleichbarkeit der beiden Völker. Volk sechs war bei Sonnenaufgang am Schwarmtag mit 45,43 Kilogramm (Mit kompletter Beute und jeweils einem Honigraum) nur 400 Gramm schwerer als Volk 5. Bei beiden Völkern wurde am 31.05.2015 ein Honigraum abgeerntet. Der Schwarmprozess ereignete sich am 02.06.2015. Der einzige auffällige Unterschied der sich aus den Aufzeichnungen der Imker bei den Kontrollen entnehmen lässt ist, dass Volk 6 (Schwarmvolk) genau drei Wochen vor dem Schwarmereignis, was der Entwicklungszeit einer Arbeiterin entspricht, mit 9 Brutwaben kurzzeitig zwei Brutwaben mehr angelegt hatte als Volk 5 (Vergleichsvolk). Bei der letzten Kontrolle vor dem Schwarmereignis besetzten beide Völker die vollen 11 Wabengassen und hatten mit 7 Brutwaben ein etwa vergleichbares Brutnest. Aufgesetzt war jeweils ein Honigraum.

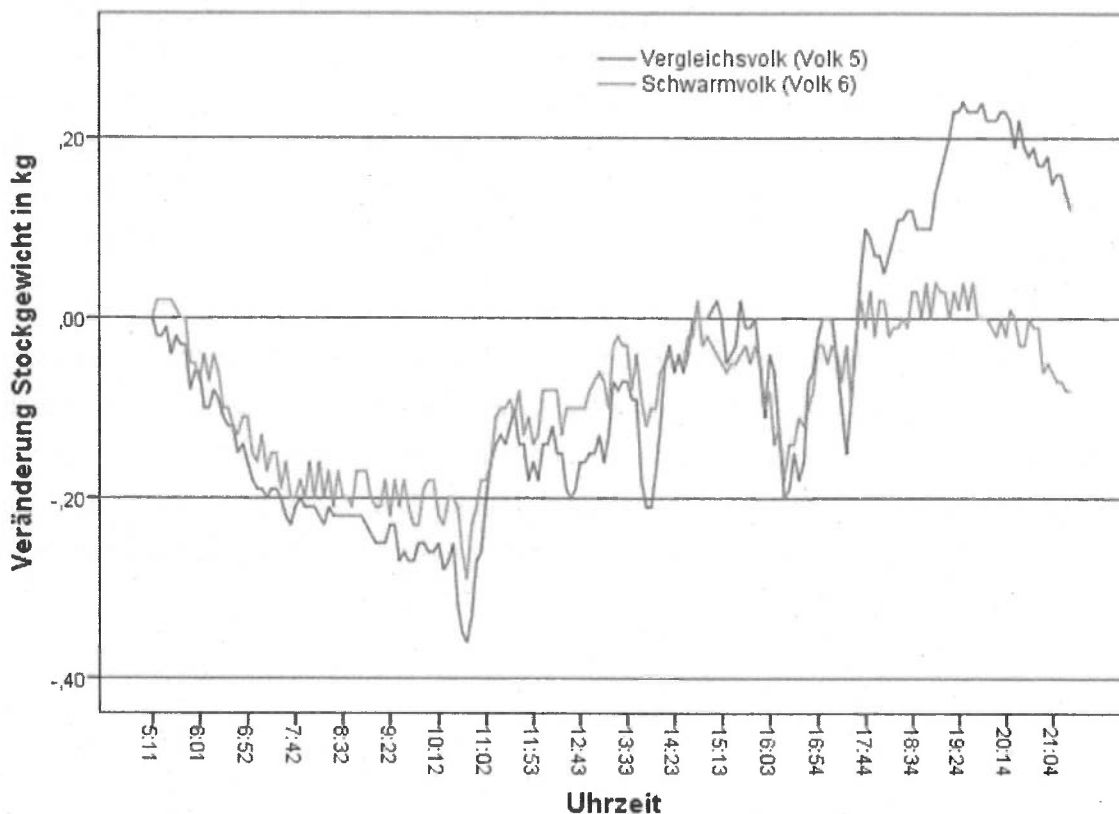


Abbildung12: Vergleich der Veränderungen im Stockgewicht des Schwarmvolkes 6 und des Vergleichsvolkes 5 am Tag vor dem Schwarmereignis

Die Abbildung 12 zeigt den Tag vor dem Schwarmereignis von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang. Dargestellt sind nur die Stockgewichtsveränderungen. Bei Sonnenaufgang herrschten Temperaturen von 15 Grad Celsius. Die Nacht zuvor war sehr warm und hatte eine niedrige Luftfeuchte, so dass der Gewichtsabfall am Anfang des Tages noch den nächtlichen Wasserverlust durch das Nektar Eindicken zuzuschreiben ist. Zwischen 05:40 Uhr und 8:00 Uhr gab es leichten Regen mit 1,2 Millimeter Wassersäule, was zu einer Abkühlung der Außentemperaturen auf unter zehn Grad Celsius führte. Erst ab zehn Uhr stiegen die Temperaturen wieder auf über 12 Grad, die Temperatur an der die Bienen mit dem Ausfliegen beginnen (Tautz 2007, S.67).

Auf Abbildung 12 ist am rapiden Gewichtsverlust nach 10:12 Uhr deutlich zu sehen, dass sobald Temperatur und Wetter stimmen, die Sammelbienen, in beiden Völkern ca. 100 Gramm Bienenmasse, ausgeflogen sind. Danach blieb der Tag trocken und die Temperaturen gleichmäßig auf bis zu 17,5 Grad Celsius. Schön zu sehen ist, dass sich das Sammelverhalten auf die Veränderungen des Stockgewichts bezogen, bei beiden Völkern bis ca. 18:00 Uhr sehr ähneln. Zu diesem Zeitpunkt scheint das Schwarmvolk die Sammeltätigkeit fast einzustellen, während das Vergleichsvolk noch 200 Gramm an Gewicht zulegt. Diese Auffälligkeit kann verschiedene Gründe haben z.B. dass das Vergleichsvolk noch eine deutlich ergiebigere Trachtquelle gefunden hat als das Schwarmvolk. Ebenso gut wäre es aber möglich, dass das Schwarmvolk hier eine Veränderung in der Sammelleistung aufgrund des anstehenden Schwarmereignisses am nächsten Tag zeigt. Um darüber eine Aussage treffen zu können, muss die Vermutung, die nachlassende Sammeltätigkeit hat mit dem bevorstehenden Schwärmen zu tun, in neuen Vergleichen in den nächsten Jahren erneut nachgewiesen und gegebenenfalls bestätigt werden.

Am Tag des Schwarmereignisses waren um 7 Uhr erstmals Temperaturen, die eine Flugaktivität erlaubten. Der ganze Tag war trocken und sonnig mit Temperaturen von bereits 18 Grad um 11:00 Uhr, dann stetigem weiteren Anstieg, der bis zum Abend anhielt, so dass um 21:00 Uhr noch 23 Grad gemessen werden konnten. Trotzdem war der 02.06.2015 kein besonderer Trachttag, was die Stockgewichtszunahmen des Vergleichsvolkes von insgesamt nur 500 Gramm zeigt.

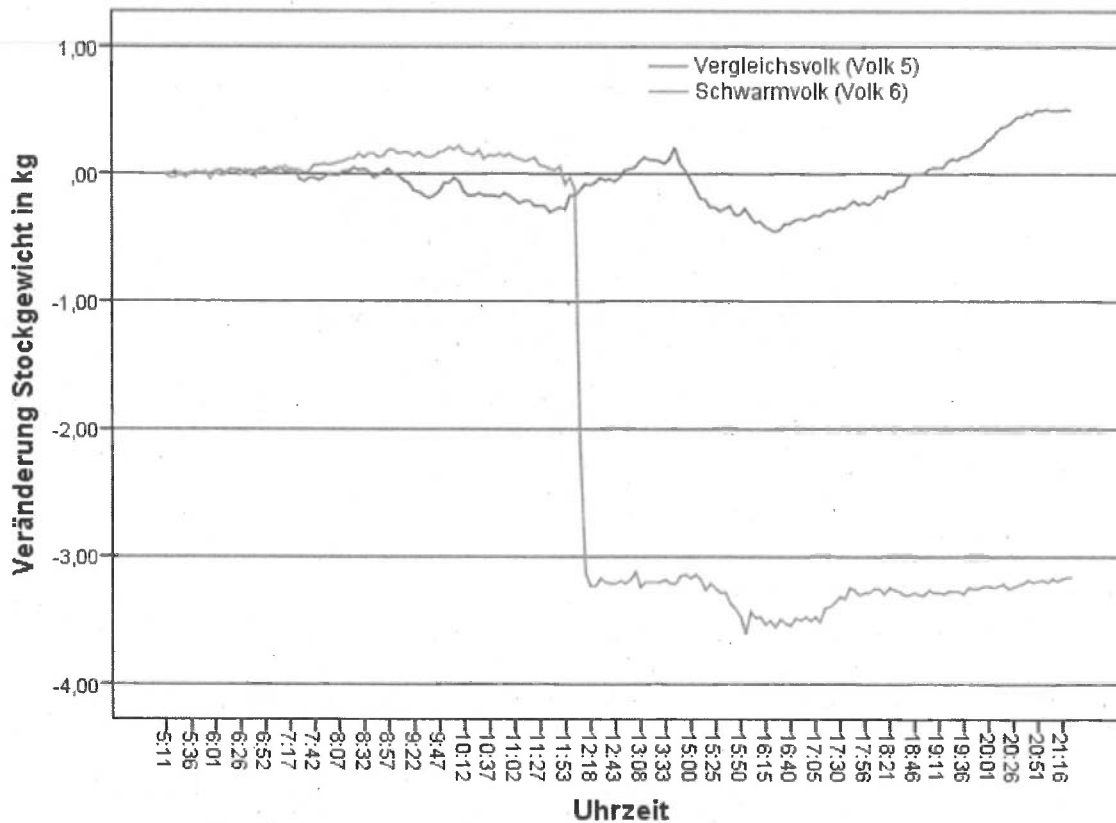


Abbildung 13: Gewichtsveränderung am Schwarmtag (0.2.06.2015) eines Schwarmvolkes (Volk 6) und eines Vergleichsvolkes (Volk5).

Zum Höhepunkt kommt es genau um die Mittagszeit, als Volk 6, das Schwarmvolk, schwärmt. Zwischen 12:03 Uhr und 12:18 Uhr verliert das Volk innerhalb von nur drei Messintervallen, also 15 Minuten 3,1 Kilogramm an Gewicht. Gleich im Anschluss nimmt es wieder ganz leicht zu. Dieser Gewichtsanstieg beläuft sich aber deutlich unter 100 Gramm. Der Stockgewichtsverlauf des restlichen Tages ähnelt sich bei beiden Völkern, wobei beim Schwarmvolk kein Eintrag mehr zu verzeichnen war.

Entwicklung einer Erfassungshardware auf Basis eines Einplatinencomputers

Nachdem sich in auf den Projekttreffen im Jahre 2014 schon angedeutet hatte , dass der türkische Partner nicht in der Lage sein wird, die akustische Erfassung in das von Ihm entwickelte System zu integrieren, war der Entschluss gefasst worden, ein unabhängiges System zu entwerfen. Es stellte sich jedoch schnell heraus, das RaspberryPi Einplatinencomputer nicht genügend Rechenleistung haben, um die akustischen Daten in der erforderlichen Auflösung zu speichern. Es wurden daher mehrere unterschiedliche Einplatinencomputersysteme beschafft, um diese auf ihre Eignung für das geplante Messsystem zu testen. Es zeigte sich, dass im Jahr 2015 nur Systeme des Typs BananaPi das Anforderungsprofil erfüllten, insbesondere durch das integrierte Mikrophon und die Möglichkeit eine externe Wlan-Antenne anzuschließen (Abb. 14).

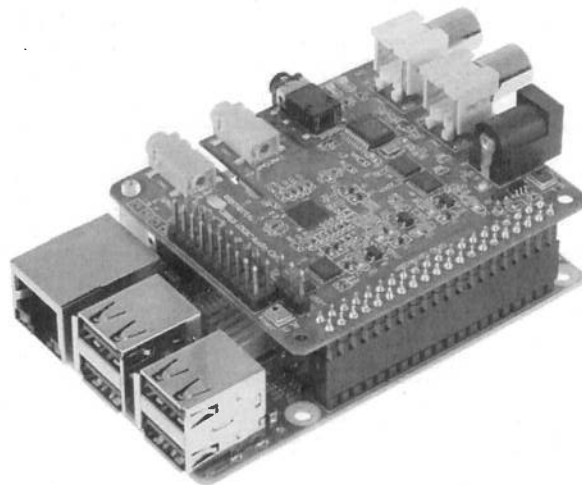


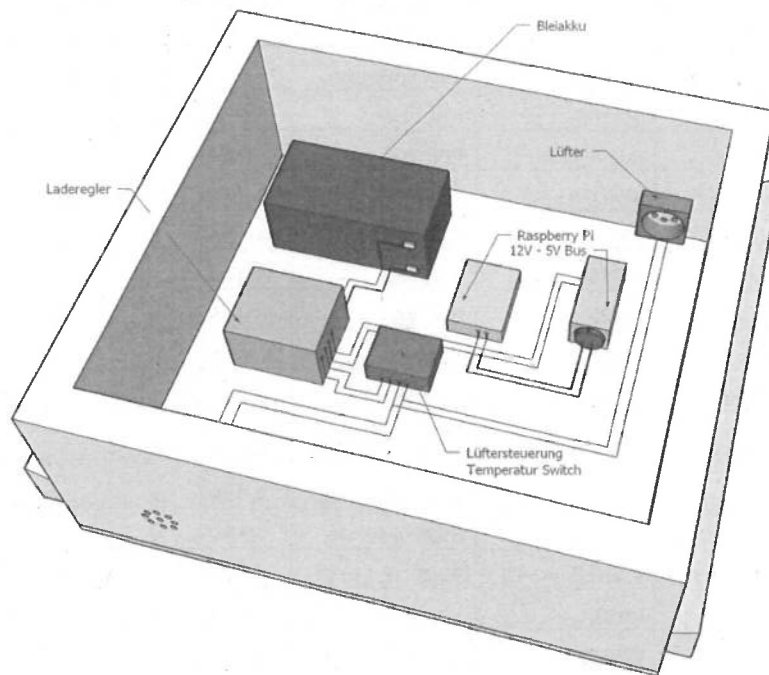
Abbildung 14: RaspberryPi Einplatinencomputer mit integrierter Wolfson Audiokarte

Es wurde ein Programm in der Sprache Python erstellt, welches die vom internen Mikrofon des BananaPi erfassten akustische Signale alle fünf Minuten in ein Spektrogramm des Frequenzbereiches 0-1000 Hz zusammenfasst und dieses in eine Datei speichert. Die erzeugte Datei wird dann in regelmäßigen Intervallen auf einen Webserver hochgeladen. Mit der neuen und leistungsstärkeren Version des RaspberryPi 3 im Februar 2016 wurde dieser als der neue Standard für die Erfassungshardware festgelegt, da es sich in Versuchen mit den BananaPi-Systemen zeigte, dass im Dauertest mehrere unterschiedliche Probleme mit diesen auftraten. In Kombination mit einer Wolfson Audiokarte zeigten die RaspberryPi 3 Systeme ein stabiles Aufzeichnungsverhalten.

Entwicklung eines autarken Messsystems

Das geplante Messsystem soll auf Basis der entwickelten Einplatinencomputererfassungshardware einen autarken kontinuierlichen Betrieb über mehrere Wochen ermöglichen. Die Bestandteile des Systems setzen sich zusammen aus einem Holzrahmen, welcher als Deckel auf den Bienenkorb gesetzt wird, einen Solarpanel zur Stromversorgung, eines Akkumulator für die Energiespeicherung für die Nacht. Einen Laderegler für die kontrollierte Auf- und Entladung des Akkumulators, einer Lüftersteuerung mit zwei Lüftern zur Vermeidung von Überhitzungen des Bienenstockes durch die elektronischen Komponenten und dem RaspberryPi3-Erfassungssystem (Abb 15).

a)



b)

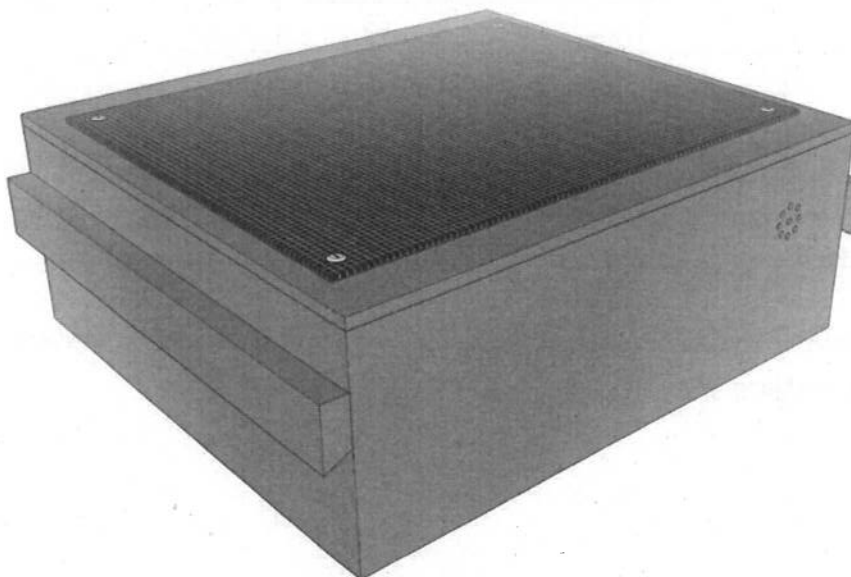


Abbildung 15: Zeichnung des entwickelten Systems a) Innen und b) Aussen

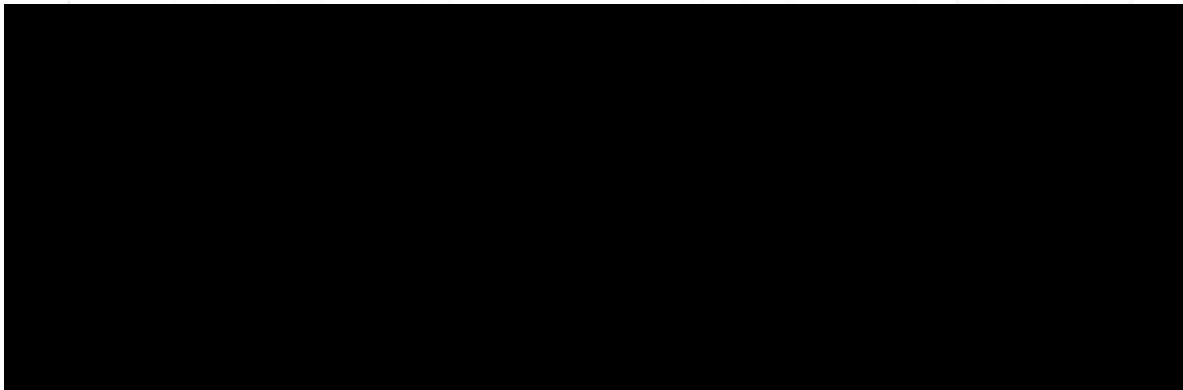
In Tabelle 1 ist eine detaillierte Auflistung von 3 unterschiedliche Konfigurationen des autarken Messsystems mit den jeweiligen Kosten aufgeführt (Preise sind vom Juli 2016).

Tabelle 1: Bauteilkonfiguration und Kosten des entwickelten autarken Messsystems (Preise sind Stand Juli 2016)

Bauteil	Marke	Typ	Beschreibung	Preis	#1	#2	#3
Solarmodul	Offgridtec	001565	12V, 10W	18,29 €	x		
	Phaesun	Sun Plus 20	12V, 20W	59,99 €			x
	Phaesun	Semi Flex 20	12V, 20W	88,50 €		x	
Laderegler	Conrad	10A Laderegler	12V, 7A	34,99 €	x		
	Conrad	18310	12V, 6A	33,99 €			x
	SOLAR	18122	12V, 4A	16,99 €		x	
Akkumulator	Conrad	CP1250	12V, 5Ah	30,99 €	x		
	Conrad	CP1290	12V, 9Ah	38,99 €		x	x
USB Adapter	Capstone	63417/63555	12V zu 5V, 1,2A	8,99 €	x	x	x
12V Buchse Zigarettenanzünder			12V, 20A, 21mm	9,50 €	x	x	x
Lüfter	NoiseBlocker	BlackSilent XM1	40x40 4.9m³/h	4,80 €	x		
	NoiseBlocker	BlackSilent XS2	50x50 15.1 m³/h	5,45 €		x	x
Lüftersteuerung	Kemo	M169A	12V, 5A	15,99 €	x	x	
	HTCHER	W1209	12V, 5A	3,95 €			x
Einplatinencomputer	RPF	Raspberry Pi III	5V	39,99 €		x	x
	Lemaker	Banana Pi Pro	5V	43,50 €	x		
Verbrauchsmaterial		Kabel	pauschal	5,00 €	x	x	x
		Stecker	pauschal	5,00 €	x	x	x
		Lack	pauschal	20,00 €			x
		Schrauben	pauschal	5,00 €	x	x	x
		Sonstiges	pauschal	5,00 €	x	x	x
Metaldeckel mit Rahmen		Dadant 12er	54,5x47,5	15,00 €	x		
Honigrahmen		Dadant 10er	51,5x42,5	15,00 €		x	x
Holz		Siebdruckplatte	0,25m²	5,31 €		x	
Holz		Siebdruckplatte	0,5m²	10,63 €			x
Isolationsmaterial		Luftkammerfolie	51,5x42,5	5,00 €			x
Kosten je Konfiguration in €					203,85	264,71	276,93

Wie die Kalkulationen in Tabelle 2 zeigen ist das entwickelte System bis auf die Wintermonate mit geringer Sonneneinstrahlung geeignet einen autarken Betrieb zu gewährleisten.

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises



Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die ursprüngliche Planung aus dem Projektantrag musste angepasst werden. Dadurch ergaben sich zusätzliche Aufgabengebiete innerhalb des Projekts. Die entstandenen Kosten durch Umwidmung von Projektmitteln und aus Eigenmitteln gedeckt.

Der voraussichtliche Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Durch das im Rahmen dieses Projektes entwickelte autarke akustische Messsystem ergeben sich Nutzungsmöglichkeiten auf mehreren Ebenen. Wie gezeigt werden konnte, weist das entwickelte Messsystem ein erhebliches Potential für die Erfassung des Verhaltens und Gesundheitsstatus eines Volkes auf. Ebenso konnte durch eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit in den Medien und durch die Präsentation des Projektes auf der Messe EuroTier 2014 eine Nachfrage bei Imkern erzeugt werden. Der im Rahmen des Projektes erfasste Datensatz an kontinuierlichen Messdaten ist in der Forschung bisher einmalig und kann aus diesen Gründen noch einige tiefere Einblicke in die Akustik der Honigbiene liefern, umso die Bewertung des Gesundheitsstatus von Bienenvölkern zu verbessern.

Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Bereich der Überwachungsgeräte für Bienenstöcke gab es in der Projektlaufzeit einige Neuerungen. Besonders hervorzuheben aufgrund der Vergleichbarkeit zum ursprünglichen Projektziel sei hierbei die Systeme „arnia“ (Arnia Limited, England) und „Bee Smart“ (Bee

Smart Technologies Inc., USA). Hierbei handelt es sich jeweils um Bienenstock Überwachungssysteme, welche Sensoren kombinieren um Informationen über den Gesundheitsstatus von Bienenstöcken zu geben. Beide Systeme sind kommerziell verfügbar und für den Einsatz in marktüblichen Bienenstöcken konzipiert. Genauer Angaben über die technischen Grundlagen, Kosten und die verwendeten Auswertelgorithmen sind aber leider nicht veröffentlicht. Ebenso beschränken sich beide Systeme auf die Nutzung von Sensoren zur Temperatur, Feuchtigkeit und Gewicht der Bienenstöcke. Eine Erfassung von akustischen Signalen scheint nicht vorhanden und nicht geplant zu sein

Der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Im Juni 2015 veröffentlichte die Universität Kassel eine Pressemitteilung über das Projekt. Diese stieß auf breites Interesse in der Öffentlichkeit. In den folgenden Monaten erschienen eine mehrere Beiträge in Zeitungen, Onlineartikel, Radio- und Fernsehbeiträge. Eine Veröffentlichung in wissenschaftlichen Journalen, sowie Vorträge auf verschiedenen wissenschaftlichen Konferenzen sind geplant.

Literatur

- Cox-Foster, D.L., S. Conlan, E.C. Holmes, G. Palacios, J.D. Evans, N. a Moran, P.-L. Quan, T. Briese, M. Hornig, D.M. Geiser, V. Martinson, D. VanEngelsdorp, A.L. Kalkstein, A. Drysdale, J. Hui, J. Zhai, L. Cui, S.K. Hutchison, J.F. Simons, M. Egholm, J.S. Pettis, and W.I. Lipkin. 2007. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science* 318 (5848): 283-7.
- Gallai, N., J. Salles, J. Settele and B. Vaissière. 2008. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68: 810-821.
- Genersch, E., W. von der Ohe, H. Kaatz, A. Schroeder, C. Otten, R. Böhler, S. Berg, W. Ritter, W. Mühlen, S. Gisder, M. Meixner, G. Liebig, and P. Rosenkranz. 2010. The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. *Apidologie* 41(3): 332-352.
- Liebig, G. (2002): Einfach Imkern-Leitfaden zum Bienen halten. Zweite Auflage, Aichtal: Liebig
- Pettis, J.S., and K.S. Delaplane. 2010. Coordinated responses to honey bee decline in the USA. *Apidologie* 41(3): 256-263.
- Tautz, J. (2007): Phänomen Honigbiene. 1. Aufl., München: Spektrum Akademischer Verlag.
- Tautz, J. (2014): Die Erforschung der Bienenwelt – Neue Daten-neues Wissen. 1. Auflage., Stuttgart: Klett MINT

Erfolgskontrollbericht

Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, des Förderprogramms

Das Projekt wurde im Rahmen der ERA-NET Initiative ICT AGRI der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) gefördert.

Es orientierte sich während der Laufzeit an folgenden Zielen der strategischen Forschungsagenda:

- Ideen aus verschiedenen Bereichen des akademischen Fachwissens entwickeln, um innovative Lösungen zu finden
- Erzielung eines maximalen Gewinns durch die Kombination von Stakeholder-Kompetenz
- Investieren in kompatible Systeme, um das volle Potenzial der Technologie zu nutzen

Mit der Bearbeitung dieses Vorhabens wurde grundlegend an einem neuen Typus von Sensorik zur Überwachung von Bienenstöcken gearbeitet, welcher eine substantielle Grundlage zur Bewertung und Erfassung der Bienengesundheit schaffen kann. Das Projekt leistete damit einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Bienengesundheit und zur Sicherung der Wirtschaftlichkeit der Bienenhaltung. Durch die Bereitstellung von wissenschaftlich fundiertem Wissen in Kombination mit der Imkerlichen Praxis und wissenschaftlichen Erkenntnissen über das Bienenverhalten konnte ein innovatives Messsystem entwickelt werden, welches einer nachhaltigen Landwirtschaft dient und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit in der Bienenhaltung verbessert. Durch die Fokussierung auf Open Source Systems in Hard- und Software ist eine Verbreitung der gemachten Entwicklungen in die imkerliche Praxis gewährleistet.

Anhand dieser Sachverhalte kann der Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Programms als hoch eingeschätzt werden.

Wissenschaftlich-technische Ergebnis des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen

Im Rahmen des Projektes wurde der Stand der Forschung zur Akustik von Bienenstöcken aufgearbeitet und an die Erfordernisse des Überwachungssystems angepasst. Es konnten grundlegende Ergebnisse zur Eignung und dem Einsatz von akustischen Systemen zur Überwachung der Bienengesundheit gewonnen werden. Es wurde ein autarkes Messsystem entwickelt, welches arbeitswirtschaftliche, ethologische und ökonomische Aspekte miteinander vereint. Durch die Entwicklung auf Basis von Open Source Lizenzen konnte eine schnelle Umsetzung der Ergebnisse in die Praxis gewährleistet werden.

Es bleibt festzuhalten, dass es mit der Durchführung des Projektes gelungen ist, Überwachungssystem für die Bienenhaltung technisch weiter zu entwickeln.

Fortschreibung des Verwertungsplans

Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen

Bisher wurden keine Schutzrechte für das hier entwickelte System oder Teile davon angemeldet.

Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende

Es ist keine wirtschaftliche Verwertung der Ergebnisse geplant.

Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende

Die Ergebnisse dieses Projektes fanden bei der Verbreitung in Medien ein großes öffentliches Interesse, sowohl bei Laien als auch Praktikern. Insbesondere die Berücksichtigung von praxisrelevanten Aspekten (Preis und Arbeitswirtschaftlichkeit) wurden von Imkern und Beratern mit großem Interesse verfolgt. Der Kontakt zu allen Projektpartnern wird zukünftig gehalten und die Zusammenarbeit mit Imkerverbänden intensiviert.

Als nächste Projekteideen ist eine Fortentwicklung des entwickelten autarken Überwachungssystems zu einem Bienenstockmanagementsystem geplant. Denkbar wäre dies in Bezug auf Imkerneulinge, welche noch keine Erfahrung mit dem Management moderner Magazinbeutensysteme haben. Hierfür müsste weitere Grundlagen über der Auswirkung imkerlicher Managementmaßnahmen auf die Aktivität der Bienenvölker gewonnen werden. Ebenso denkbar ist eine Übertragung der Erkenntnisse auf den außereuropäischen Sektor.

Der zeitliche Verlauf der angestrebten weiteren Entwicklung lässt sich wie folgt beschreiben:

Kurzfristig (ca. 12-18 Monate)

- Langzeit Erprobung des autarken Messsystems unter Praxisbedingungen
- Veröffentlichung des autarken Messsystems unter einer Open Source Lizenz
- Erstellung von Auswertelgorithmen

Langfristig (ca. 18-24 Monate)

- Ausbau des Systems zu einem Bienenstockmanagementsystem
- Implementierung für unterschiedliche Bienenstocktypen

Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase

Nachdem sich das hier beschriebene Projekt mit der akustischen Erfassung des Gesundheitsstatus von Bienenvölkern und der Entwicklung einer autarken Erfassungseinheit beschäftigt hat, wäre zu überlegen, ob sich ein zukünftiges Projekt mit der Entwicklung von weitreichenden Managementempfehlungen auf Basis der akustischen Messungen auseinandersetzt. Beobachtungen in der Praxis zeigen, dass gerade ungeübte Imker starke Probleme mit dem managen von modernen Magazinbeuten haben. Das Management von Bienenvölkern in diesen profitablen und effizienten Beutesystemen richtet sich stark nach der aktuellen Entwicklung der Bienenvölker, welche von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird. Ein optimales Management ist daher Abhängig vom der Vorerfahrung des Imkers. Dieses stellt für viele Imkeranfänger eine hohe Schwelle für einen erfolgreichen Einstieg in die Imkererei da. Ein Managementsystem, welches anhand von akustischen Messungen den Status der Bienenvölker erkennt und angepasste Empfehlungen für die einzelnen Schritte des Stockmanagement gibt, würde diese Hemmschwelle stark senken und somit einen Einstieg in die Bienenhaltung erleichtern.

Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Bei den Aktivitäten der Universität Kassel kann grundsätzlich gesagt werden, dass alle Arbeiten zur Erreichung der im Projektantrag definierten Projektziele beigetragen haben. Allerdings erzielten die Bemühungen zur Entwicklung eines gemeinsamen Erfassungssystems keinen Erfolg, so dass hiervon abgesehen werden musste. Durch die schnelle Umorientierung zu einem eigenen alternativen Erfassungssystem auf Basis eines RaspberryPi konnte aber eine erfolgreiche Umsetzung der Grundidee gewährleistet werden.

Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Der Aufbau des Projektes und die darin erzielten Ergebnisse wurden mit verschiedenen Vorträgen und Präsentationen Wissenschaftlern, Beratern und Imkern vorgestellt. Die veröffentlichte Pressemitteilung dienten dazu die in diesem Projekt erzielten Ergebnisse einer möglichst breiten Zielgruppe zugänglich zu machen, damit so viele Ergebnisse wie möglich in die Praxis einfließen. Die entstandenen Kontakte werden auch weiterhin gepflegt, um weiter im Bereich der Bienenhaltung präsent zu sein.

Die Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung

Der zu Beginn veranschlagte Kostenrahmen konnte während des gesamten Projektes eingehalten werden. Sofern Änderungen in den einzelnen Positionen notwendig wurden, wurden diese rechtzeitig beantragt. Ebenso befanden sich die Arbeiten weitestgehend im Zeitplan. Lediglich bei der Umsetzung des gemeinsamen Erfassungssystems traten durch die

Probleme mit den ursprünglich geplanten türkischen System Verzögerungen ein. Durch die Umwidmung von Projektmitteln und eines erhöhten Eigenaufwandes konnten diese Verzögerungen aber kostenneutral aufgefangen werden.