Schlussbericht –

Kurzdarstellung

Integrierte Sensorsysteme zur Erforschung und Überwachung von Bienen-Gesundheit und Umwelteinflüssen

01.03.2021 – 01.03.2024 / 31.12.2024

Zuwendungsempfänger: Micro-Sensys GmbH

Förderkennzeichen: **281C306A19**

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger

Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... **- 1 -**

1 Kurzdarstellung ..... **- 2 -**

1.1 Aufgabenstellung ..... - 2 -

1.2 Wissenschaftlich- technischer Stand ..... - 2 -

1.3 Planung und Ablauf ..... - 4 -

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen ..... - 4 -

Micro-Sensys GmbH

In der Hochstedter Ecke 2

99098 Erfurt

Email: info@microsensys.de

Web: www.microsensys.de

Tel. +49 361 59874 - 0

1 Kurzdarstellung

1.1 Aufgabenstellung

Ziel des Projektes Sens4Bee war es, mittels Sensorik im Bienenstock und einem Auswertesystem den Imker in der Beurteilung der Gesundheit und des generellen Zustandes seiner Bienenvölker und damit in seiner täglichen Arbeit zu unterstützen. Weiterhin sollte im Projekt die technologische Umsetzbarkeit eines bienengetragenen Sensors untersucht und eine Königinnensperre basierend auf der Erkennung eines bevorstehenden Schwarmereignisses umgesetzt werden.

Im Rahmen des Verbundprojektes bestand für Micro-Sensys GmbH zunächst die Aufgabe der Unterstützung von Messaufgaben zur Datenerhebung zum Zwecke der Korrelierung von Sensordaten und Bienenverhalten durch einen Projektpartner. Nachfolgend und auf den Ergebnissen basierend musste ein möglichst wenig invasives Monitoring-System entwickelt werden, wofür das elektronische und informationstechnische Design, die Herstellung der Komponenten, deren Erprobung und Einbindung in eine Erfassungslösung notwendig waren.

Zusätzlich sollte ein extrem miniaturisierter Sensor mit RFID-Schnittstelle konzipiert und prototypisch umgesetzt werden, der als bienengetragener Sensor Umweldaten sammeln kann. Der notwendige Energiespeicher und das Harvestingmodul sollte durch Projektpartner entwickelt werden.

Für die Umsetzung der Königinnensperre musste diese konzipiert werden, ein elektronisches und mechanisches Design erstellt und hergestellt sowie eine Firmware entwickelt werden.

1.2 Wissenschaftlich- technischer Stand

Mit dem Ziel der Optimierung der sensorischen Erfassung von Umgebungsbedingungen im Bienenstock beschäftigen sich eine Reihe von wissenschaftlichen und privatwirtschftlichen Projekten. Ziel ist jeweils primär die Datengewinnung mit dem Ziel der späteren Interpretation, z.B. durch KI. Sensoren können die Temperatur, Feuchte, Gewicht und weitere Eigenschaften des Bienenstocks ermitteln und aufzeichnen. Nachfolgende Tabelle enthält eine Übersicht möglicher Sensoren und deren Nutzen für Imker:innen.

Sensorart	Funktion	Nutzen für Imker:innen
Waage (Stockwaage)	Misst das Gewicht des Bienenstocks	Erkennt Trachtbeginn/-ende, Schwarmverhalten, Honigertrag
Temperatursensor	Misst die Innentemperatur im Stock	Überwacht Brutaktivität und Gesundheitszustand
Luftfeuchtigkeit	Misst die relative Luftfeuchtigkeit im Stock	Erkennt Brutverhalten, Schimmelgefahr
CO_2-Sensor	Misst den CO_2-Gehalt im Stock	Hinweise auf Aktivität und Belüftung
Akustiksensor	Erfasst Geräusche und Vibrationen	Frühwarnsystem für Schwarmverhalten
GPS-Modul	Ermittelt den Standort	Schutz vor Diebstahl, Wanderimkerei
Wetterstation	Misst Außentemperatur, Wind, Regen etc.	Zusammenhang mit Flugaktivität und Tracht

Die aktuell am Markt vorhandenen Sensoren sind meist ungenau, teuer, haben große Bauformen, sind mit hohem Installationsaufwand verbunden oder bieten keine integrierte Lösung. Entscheidend ist zudem, dass klare Handlungsanweisungen vermisst werden.

Drahtlose Sensoren in der angestrebten Baugröße sind in dieser Form am Markt nicht verfügbar. RFID-Transponder mit den entsprechenden Antennengrößen werden bereits hergestellt, unter anderem durch microsensys. Miniaturisierte Energiespeicher

und Solarzellen sind am Markt kaum verfügbar und haben Limitierungen in der Anwendbarkeit. Das angestrebte Design eines aufladbaren minatusrisierten Sensor-Datenloggers mit drahtloser Schnittstelle ist als hoch komplex einzuschätzen.

1.3 Planung und Ablauf

Im Rahmen des Projektes wurde der folgende Arbeitsplan umgesetzt. Die kostenneutrale Projektverlängerung führte zu keiner Umorganisation von Arbeiten, wurde aber sowhl durch Corona-bedingte Verzögerungen und auch jahreszeitbedingte Zusammenhänge notwendig.

Der Arbeitsplan nach Einarbeitung der Projektverlängerung ist nachfolgend aufgeführt.

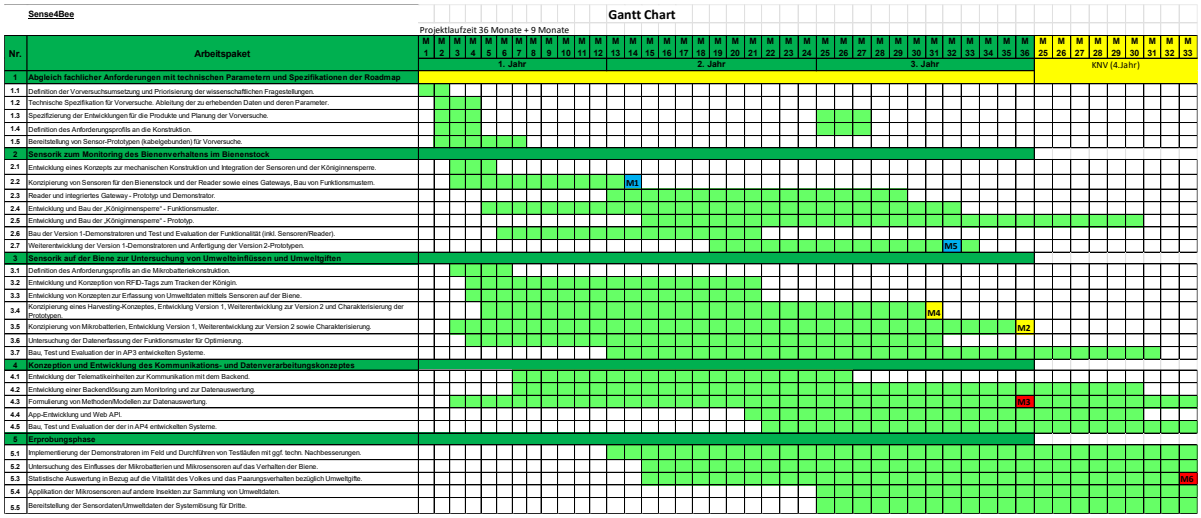

Abbildung 1: Gantt-Chart, Arbeitsplan Projekt Sens4Bee

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Projektkonsortium besteht neben der Micro-Sensys GmbH aus

- Helmholtz Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Leipzig
- Fraunhofer IZM, Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration, Berlin

Schlussbericht –

Eingehende Darstellung

Integrierte Sensorsysteme zur Erforschung und Überwachung von Bienen-Gesundheit und Umwelteinflüssen

01.03.2021 – 01.03.2024 / 31.12.2024

Zuwendungsempfänger: Micro-Sensys GmbH

Förderkennzeichen: **281C306A19**

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Landwirtschaft, Ernährung
und Heimat

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger

Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... **- 1 -**

2 Schlussbericht - Eingehende Darstellung ..... **- 2 -**

2.1 Verwendung der Zuwendung ..... - 2 -

2.1.1 AP1 - Abgleich fachlicher Anforderungen mit technischen Parametern und Spezifikationen der Roadmap ..... - 2 -

2.1.2 AP2 - Sensorik zum Monitoring des Bienenverhaltens im Bienenstock ..... - 4 -

2.1.3 AP3 - Sensorik auf der Biene zur Untersuchung von Umwelteinflüssen und Umweltgiften ..... - 9 -

2.1.4 AP4 - Konzeption und Entwicklung des Kommunikations- und Datenverarbeitungskonzeptes ..... - 13 -

2.1.5 AP5 - Erprobungsphase ..... - 15 -

2.2 Zahlenmäßiger Nachweis (Extrakt) ..... - 16 -

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit ..... - 16 -

2.4 Nutzen und Verwertbarkeit ..... - 17 -

2.5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens ..... - 17 -

2.6 Veröffentlichungen ..... - 17 -

microsensys GmbH

In der Hochstedter Ecke 2

99098 Erfurt

Email: info@microsensys.de

Web: www.microsensys.de

Tel. +49 361 59874 - 0

2 Schlussbericht - Eingehende Darstellung

2.1 Verwendung der Zuwendung

Entsprechend des Arbeitsplanes erfolgte durch Micro-Sensys GmbH Mitarbeit an in der folgenden Tabelle aufgeführten Arbeitspaketen. Die Tätigkeiten werden im weiteren Textverlauf näher dargestellt.

Lfd. Nr	Arbeitspaket	Titel
1	AP1	Abgleich fachlicher Anforderungen mit technischen Parametern und Spezifikationen der Roadmap
2	AP2	Sensorik zum Monitoring des Bienenverhaltens im Bienenstock
3	AP3	Sensorik auf der Biene zur Untersuchung von Umwelteinflüssen und Umweltgiften
4	AP4	Konzeption und Entwicklung des Kommunikations- und Datenverarbeitungskonzeptes
5	AP5	Erprobungsphase

2.1.1 **AP1 - Abgleich fachlicher Anforderungen mit technischen Parametern und Spezifikationen der Roadmap**

Im Rahmen des AP1 wurden die wissenschaftlichen Fragestellungen zusammen mit dem UFZ priorisiert und Vorversuche definiert.

Für die Definition der Vorversuche wurden sensorische Daten in Zusammenhang gebracht mit erwarteten Ereignissen in Bienenvölkern. Resultierend aus den Ergebnissen wurden experimentelle Setups definiert, die zum Ziel haben, geeignete Sensoren für die Erfassung von Umwelteinflüssen sowie Zuständen des Bienenvolkes zu ermitteln und validieren.

Abbildung 1: Vorversuche am UFZ, Ansicht eines Bienenstocks mit installierten Sensoren

Für die Vorversuche wurden Sensorkomponenten und zugehörige Empfangseinheiten zusammengestellt sowie konstruktiv angepasst und Softwarekomponenten hergestellt, um die Erfassung von Messreihen zu ermöglichen. Für die Durchführung von praktischen Experimenten bestand ein enger Austausch mit dem UFZ, da die dort vorhandenen Bienenvölker für die praktischen Untersuchungen verwendet wurden.

Die Durchführung der Experimente erfolgte mit unterschiedlich gearteten Sensorsystemen, um neben der eigentlichen sensorischen Erfassung Erkenntnisse zu möglichen RF-Übertragungsverfahren zu erlangen.

Abbildung 2: Experiment - verschiedenartige Sensoren, installiert im Bienenstock

In einem weiteren Experiment wurden Sensoren an unterschiedlichen Orten im Bienenstock installiert, Zielstellung war die Erlangung von Ergebnissen zur konstruktiven Auslegung zu entwickelnder Sensoren (AP2).

Aufgrund des Ausbleibens von Schwarmereignissen wurden einige Experimente und damit Installationen in mehreren Projektjahren wiederholt.

Im Ergebnis des AP1 konnte festgestellt werden, dass in Bezug auf die Sensorik Temperaturdaten sowie Beschleunigungs- und Vibrationsdaten Aussagekraft über die Bienengesundheit versprechen. Diese Sensorik wurde im späteren Projektverlauf in die entwickelten drahtlosen Sensoren integriert. Weiterhin wurde die für die drahtlose Datenübertragung verwendete Technologie Bluetooth Low Energy festgelegt, mit welcher Daten aus dem Bienenstock an Empfänger (Gateway) übertragen werden konnten.

Abbildung 3: Experiment – drahtgebundene Sensoren mit unterschiedlichen Befestigungsorten

2.1.2 **AP2 - Sensorik zum Monitoring des Bienenverhaltens im Bienenstock**

Innerhalb des Arbeitspaketes 2 wurde durch microsensys die drahtlose Sensorik zum Monitoring des Bienenverhaltens im Bienenstock sowie ein Prototyp für die Königinnensperre entwickelt.

Im Rahmen der Definition der Vorversuche wurden konstruktive Anforderungen an die Sensorkomponenten und deren Kenndaten erfasst. Mit Hilfe der experimentellen Setups konnten im saisonalen Verlauf innerhalb PJ1 bereits akustische Sensordaten,

Vibrationsdaten, Temperatur-Messreihen sowie weitere Umweltdaten erfasst werden, diese wurden gemeinsam mit dem UFZ evaluiert und teilweise interpretiert. Die Auswertung der Daten ergab unter anderem, dass die Signal-Rausch-Grenze bei der Beschleunigungsmessung noch zu klein ist, was als Input zur Auswahl der Sensoren für die Beschleunigungsmessung und im weiteren Verlauf für die Definition der mechanischen Konstruktion diente. Der Meilenstein 1 „Die Entwicklung und Herstellung erster anwendungsspezifischer Sensorkomponenten zur Zustandserfassung ist abgeschlossen“ wurde im Projektjahr 2 erfolgreich erreicht.

Weiterhin wurde die Unterstützung für die entwickelten Sensor-Beacons in ein Daten-Gateway implementiert, um die gemessenen Sensor-Daten entsprechend des Datenverarbeitungskonzeptes abspeichern zu können. Dies stellt die erfolgte Integration und Unterstützung der projektspezifisch entwickelten Sensoren in die TELID® Systemlösung dar, welche die weitere Verwertung der entwickelten Lösung ermöglicht.

Abbildung 4: Daten-Gateway IND0906 BLE als Empfänger für Sensordaten

Im PJ3 wurde der Fokus auf die anwendungsnahe Auslegung der Sensor-Beacons gelegt. Dafür wurde ein erstes Elektronik-Design für einen Beschleunigungssensor entwickelt, hergestellt und in Betrieb genommen.

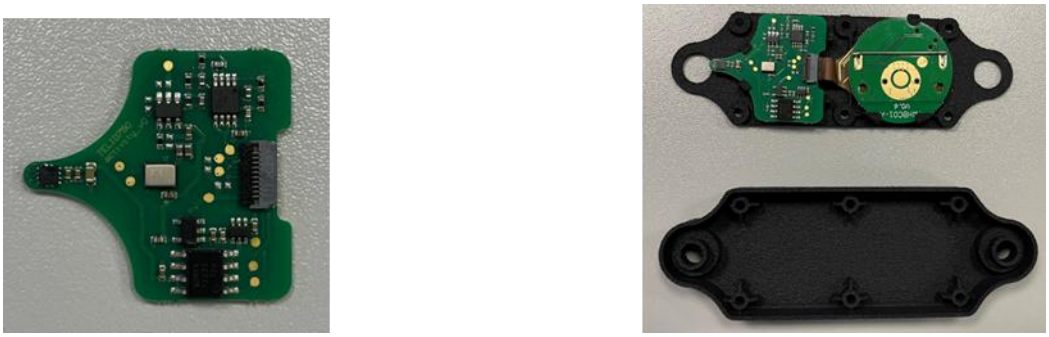

Abbildung 5: Sensor-Beacon mit neuem Gehäuse, verschraubt

Die entsprechende Basis-Firmware aus der TELID®700 Serie wurde ebenfalls auf das neue Design angepasst, z.B. hinsichtlich des Sensortyps und des notwendigen Messintervalls. In Folge wurden weitere Designs für einen Temperatursensor (interner oder externer Temperaturfühler) und einen Akustiksensor erstellt und erfolgreich in Betrieb genommen. Die Komponente erlauben nun durch flache Bauform eine Anbringung seitlich, oben oder unten am Rähmchen durch Anpinnen oder Verschraubung. Weiterhin kann die enthaltene Batterie-Knopfzelle ausgetauscht werden, was einen Langzeit-Einsatz der Sensoren ermöglicht, die Laufzeit einer Batterie konnte hierbei durch die spezifischen Firmware-Anpassungen auf eine Saison eingestellt werden.

Abbildung 6: Sensor-Beacons TELID700 in kompakter Bauform mit integriertem und externem Sensor

Durch Herstellung von Sensoren mit dedizierter Bauform und Funkschnittstelle sowie einem Empfangssystem für den Transport der Sensordaten in ein Backendsystem wurde in AP2 ein smartes, wenig invasives Sensorsystem zur Erfassung von Umweltdaten im Bienenstock entwickelt.

Eine weitere Arbeitsaufgabe des AP2 besteht in der Konzeption und prototypischen Herstellung einer Königinnensperre. Hierfür wurde der Entwurf eines mechanischen Designs erarbeitet und an die Feinmechanikwerkstatt des UFZ übergeben.

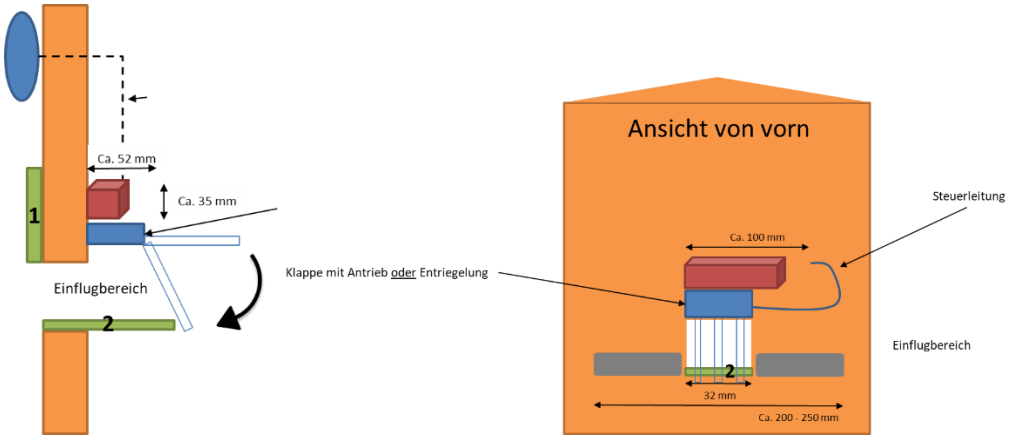

Abbildung 7: Konzept-Entwurf Königinnensperre

Im weiteren Projektverlauf wurde ein voll-funktionaler Demonstrator direkt bei microsensys konzipiert und hergestellt, welcher der Funktionalitäts- und Firmware-Entwicklung diente.

Da Schwarmereignisse ausblieben und die Datenlage einen Rückschluss von Sensordaten auf ein bevorstehendes Schwarmereignis nicht zuließ, wurde ein Antennensystem entwickelt, welches die Anwesenheit der Königin im Bereich des Fluglochs durch ein RFID-Chip erkennt und in Folge den mechanischen Verschluss-Mechanismus ausglöst. Nach Auslösen wird das Verschluss-Signal über ein Beacon an das Sensor-Gateway übermittelt, um es dem Imker zur Verfügung stellen zu können. Die Funktionsweise ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

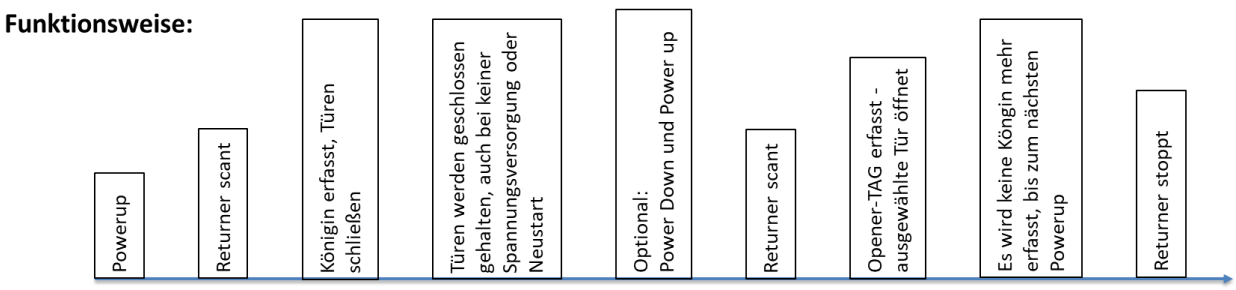

Abbildung 8: Funktionsweise Königinnensperre

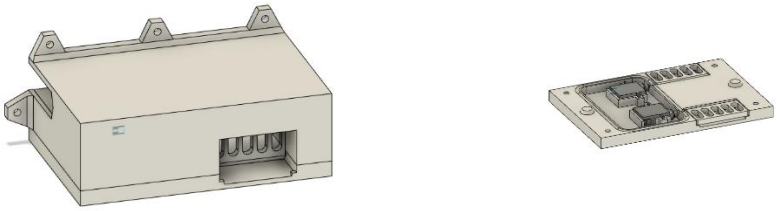

Abbildung 9: Modell der Königinnensperre zur Herstellung durch 3D-Druck und Montage-Technologien (geöffnet und geschlossen)

In PJ2 wurde ein erster Demonstrator der Königinnensperre hergestellt und technisch erprobt. Nach Erprobung im Labor erfolgte eine Weiterentwicklung von Elektronik und Mechanik.

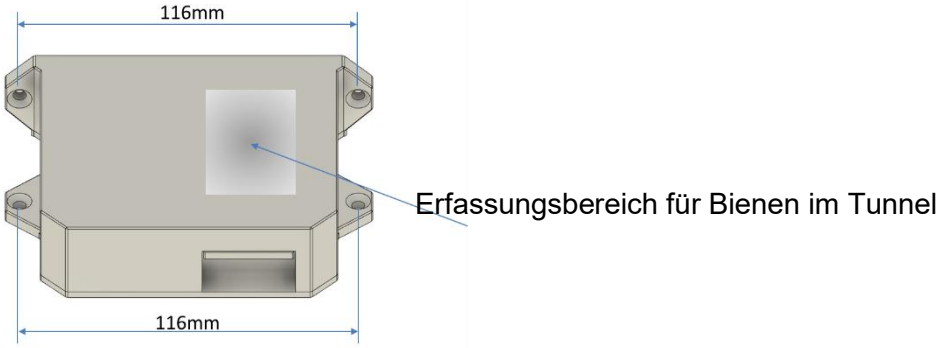

Abbildung 10: Modell des weiterentwickelten Demonstrators mit verbessertem Antennensystem und mechanischem Design

Weiterentwickelte Prototypen der Königinnensperre wurden im PJ3 hergestellt und einem Imker zum Test zur Verfügung gestellt.

Abbildung 11: Funktionsfähige Prototypen der Königinnensperre im Versuchsaufbau

2.1.3 AP3 - Sensorik auf der Biene zur Untersuchung von Umwelteinflüssen und Umweltgiften

Im Rahmen von AP3 wurden zu Projektbeginn in enger Abstimmung mit IZM die elektrischen und konstruktiven Anforderungen an miniaturisierte Elektronik definiert. Durch microsensys wurden Anforderungen an den Energiespeicher definiert, die in Form von Ersatzschaltungen abbildbar sind. Herausforderungen bestehen speziell in der Balance von Energiebedarf von Sensorsystemen und der Leistung von miniaturisierten Energiespeichern. Es wurden Konzepte entwickelt, wie trotz extremer Miniaturisierung der Betrieb von Sensorsystemen ermöglicht werden könnte.

Abbildung 12: Schematischer Aufbau eines Miniatursensors inkl. Energiespeicher (IZM, MSYS)

Im Rahmen der Voruntersuchungen und Festlegungen zu Elektronik und Energiespeicher wurden verschiedene Harvesting-Konzepte diskutiert. Durch microsensys wurden Anforderungen an den Energiespeicher definiert, die in Form von Ersatzschaltungen abbildbar sind. In der Folge wurde das Energie-Harvesting durch miniaturisierte Photovoltaik-Zellen in das Konzept des Miniatursensors aufgenommen, Lagenaufbau und Verbindungstechnologien zwischen den Komponenten wurden festgelegt.

Nach Beistellung erster Muster von energiespeicher und Solarmodul durch IZM wurden durch microsensys Erprobungsschaltungen entwickelt, und in der Folge auf Elektronik-Boards hergestellt.

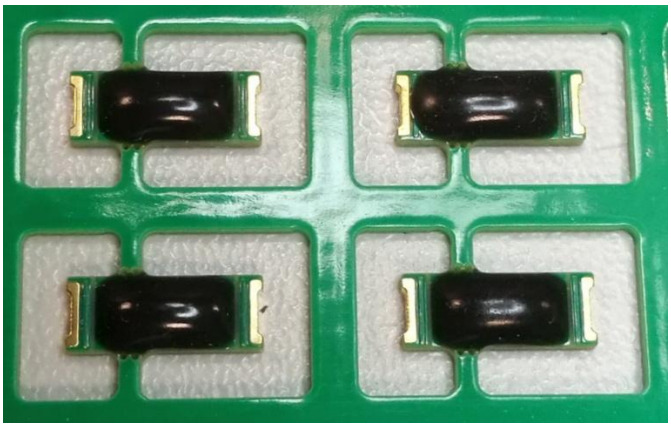

Abbildung 13: Modul-Substrat mit Miniatur-Batterien und Glob-Top

Weiterhin wurde für die Charakterisierung ein Adapter zur hochpräzisen Strom- und Spannungsmessung sowie zum Be- und Entladen mit sehr kleinen Strömen entworfen und hergestellt.

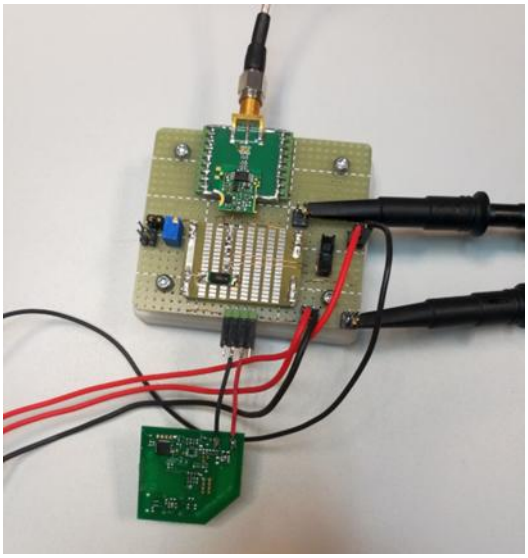

Abbildung 14: Messaufbau zur Charakterisierung des Batteriemoduls mit Verbraucher

Sowohl Miniatur-Energiespeicher als auch Miniatur-Solarzelle konnten elektrisch in Betrieb genommen werden, der Betrieb der angestrebten elektronischen Schaltung konnte aber nicht erfolgen. Grund dafür war der hohe Innenwiderstand des Energiespeichers und das Zusammenbrechen der Versorgungsspannung bei Belastung durch einen sehr energiearmen Mikroprozessor.

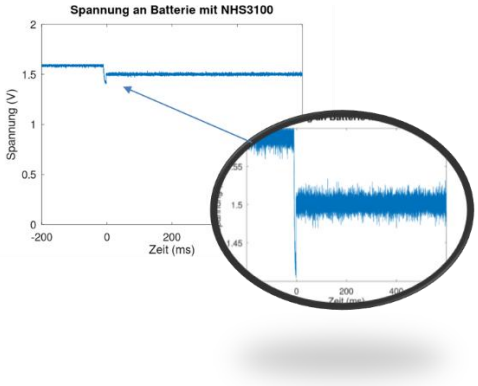

Abbildung 15: Oszilloskop-Messung der Spannung des Energiespeichers mit Verbraucher

Es wurde daraufhin in PJ3 noch eine weitere Elektronik-Variante mit einem alternativen Low Power Microcontroller Atmel Tiny 20 aufgebaut und erprobt. Dieser Controller wird in Smart Wearable Applikationen eingesetzt, und mit wenig Energie versorgt lauffähig sein.

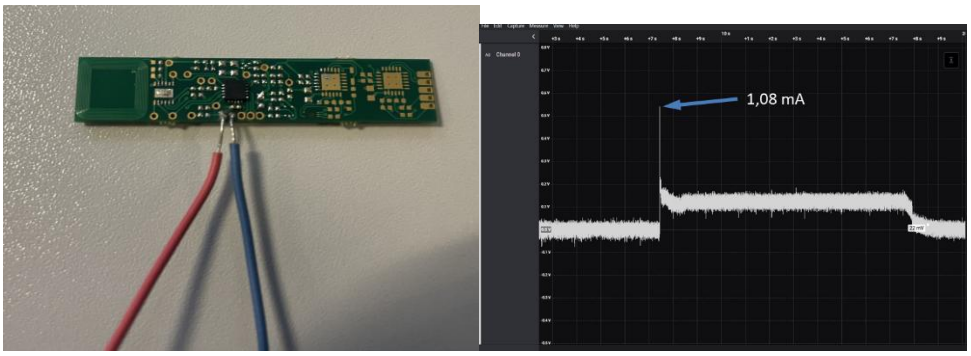

Abbildung 16: Messaufbau und Strommessung Atmel Tiny 20

Auch mit diesem Controller konnte kein Betrieb erreicht werden, eine Umsetzung miniaturisierter Sensor-Datenlogger unter Anwendung des Energiespeichers in der vorliegenden Form ließ sich nicht darstellen. Ein weiterer Bestandteil des Miniatursensors ist die Solarzelle, welche eine Ladung des Energiespeichers ermöglichen und alternativ als Sensor eingesetzt werden soll. Zur Charakterisierung und Inbetriebnahme der Solarzellen wurde durch den Projektpartner IZM eine Trägerplatine mit montierten Solarzellen beigestellt.

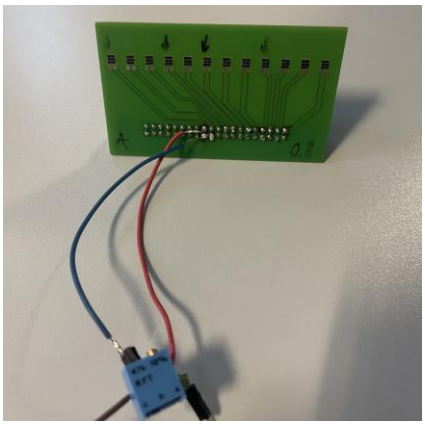

Abbildung 17: Miniatur-Solarzellen montiert auf Trägerplatine

Mittels Messaufbau wurden verschiedene Messkurven aufgenommen, um den Einsatz der Zellen beurteilen zu können. Unter anderem sollte das Ziel der Untersuchung die Konzeption einer elektrischen Schaltung, bestehend aus Solarzelle, Energiespeicher und Verbrauchern sein.

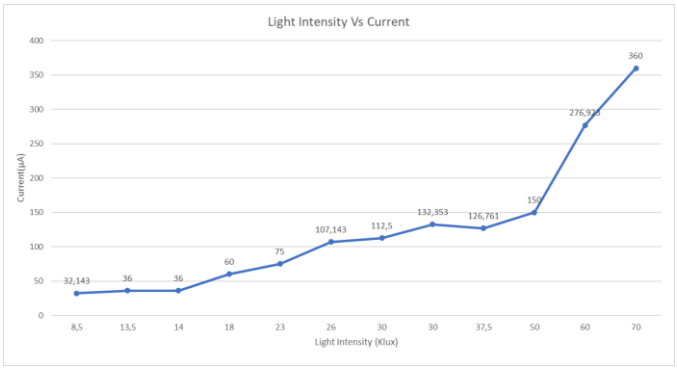

Abbildung 18: Elektrische Leistung in Abhängigkeit zur Lichtstärke

Die Antestung der Solarzellen konnte erfolgreich vorgenommen werden, die Zellen könnten sowohl als Energie- als auch Signalquelle verwendet werden. Allerdings ist davon auszugehen, das bei einer Verringerung der Baugröße der Zellen, welche zum Einsatz auf dem Individuum notwendig wäre, die Energiemenge noch einmal deutlich geringer ausfallen würde.

Nach Charakterisierung verwendbarer Komponenten wurde im letzten Projektjahr der Prototyp eines drahtlosen Miniatur-Datenloggers zur Messung von Temperatur und/oder Licht mit der möglichen Miniaturisierung entwickelt und hergestellt. Dazu wurde zuerst ein Elektronik-Konzept sowie in Folge ein Montage-Konzept entwickelt.

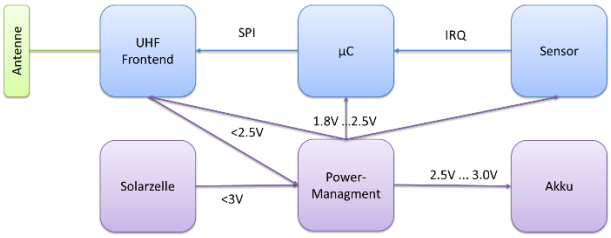

Abbildung 19: Blockschaltbild des Miniatur-Datenloggers

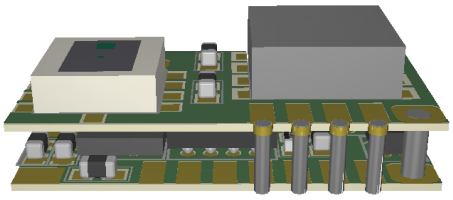

Abbildung 20: Montage-Konzept des Miniaturdatenloggers

Nach Erstellung des Konzeptes wurde der elektrische Prototyp des Miniaturdatenloggers hergestellt und erfolgreich in Betrieb genommen. Durch Entwicklung einer Betriebsfirmware und einer Demonstrationssoftware konnte ein vollständiger Betrieb des Datenloggers bis hin zur drahtlosen Programmierung und Auslesung realiisert werden.

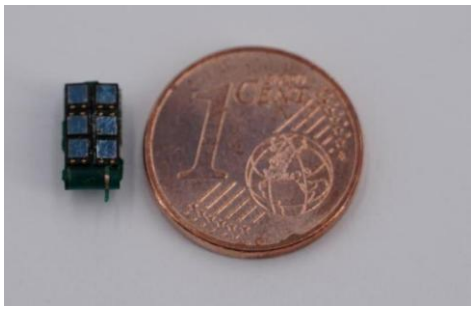

Abbildung 21: Prototyp des Miniaturdatenloggers

Mögliche Einsatzfelder eines Miniatur-Datenloggers sind zum Beispiel:

- Tracken der Biene im freien Feld
- Erfassung von Umweltdaten durch das Individuum (Temperatur, Licht)
- Erkennung des Aufenthaltes an bestimmten Punkten

2.1.4 AP4 - Konzeption und Entwicklung des Kommunikations- und Datenverarbeitungskonzeptes

Innerhalb des AP4 wurden Protokolle und Softwaremodule für die Datenerfassung, die Übermittlung der Daten vom Sensor zum Gateway, den Backend-Datentransport und die Visualisierung der in der Cloud gespeicherten Daten konzipiert und erstellt.

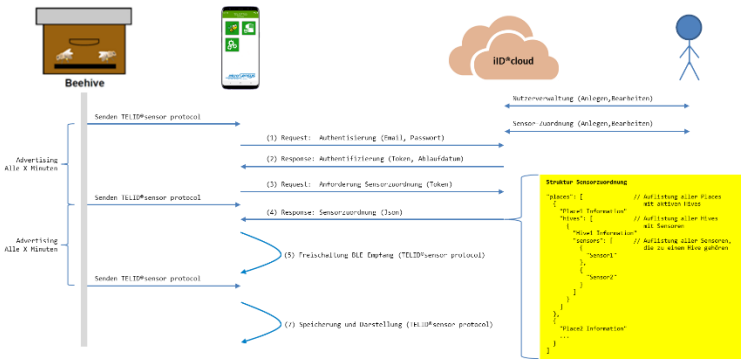

Abbildung 22: Kommunikationskonzept für Cloud-Datenspeicherung und Abruf der erfassten Sensordaten

Die Datenprotokolle für die drahtlose Kommunikation zwischen den Sensor-Beacons und dem Gateway zur Datenübermittlung wurden festgelegt. Diese wurden weitestgehend an das TELID® Sensorprotokoll industrieller Sensoren angelehnt.

Für die Datenübermittlung zwischen Gateway und Backend-System wurde ein MQTT-Protokoll konzipiert. Die notwendigen Softwaremodule wurden sowohl in die dezentralen Gateways und auch cloud-seitig als Empfänger implementiert. Als Gateway wurde zuerst ein bereits im Produktportfolio vorhandenes Gerät iID INDUSTRY0906 zum Empfang der Sensordaten befähigt, womit die Daten über ein vorhandenes lokales Netzwerk (LAN) transportiert werden konnten. Weiterhin wurden verschiedene Router für den Datentransport der Sensordaten evaluiert, da ein Transport der Daten auch über Mobilfunk (WAN) und ohne vorhandenes lokales Netzwerk (LAN) ermöglicht werden soll. Es wurde im weiteren Projektverlauf ein am Markt verfügbares LTE-Gateway befähigt, TELID®-Sensordaten zu empfangen und an das Backend über eine LTE-Schnittstelle weiter zu leiten. Durch das Vorliegen der verschiedenen Gateway-Optionen war es ab dem PJ2 möglich, die in den verschiedenen Versuchsfeldern erfassten Daten dezentral und zentral abzuspeichern und von entfernten Orten abzurufen.

Weiterhin wurden in AP4 verschiedene Anwendungsmodule für die spätere Nutzung des Systems entwickelt, welche die erfassten Daten strukturiert visualisieren. Dazu gehört eine Android App, welche erfasste Daten darstellt und die nach Projektende erweitert werden soll, um Sensoren zu Bienenstöcken zuordnen zu können.

Weiterhin wurde eine Webseite konzipiert und in einem Unterauftrag entwickelt, welche ebenfalls Sensordaten strukturiert nach Orten darstellt und ein Nutzerkonzept beinhaltet. Dazu wurde die Webseite durch eine eigens entwickelte API mit dem Backend verbunden.

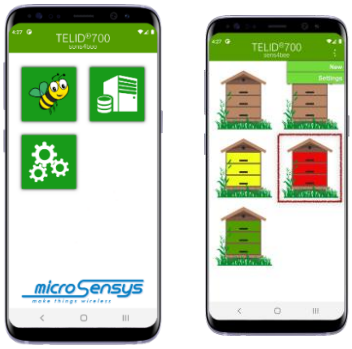

Abbildung 23: Screenshot der entwickelten Android App

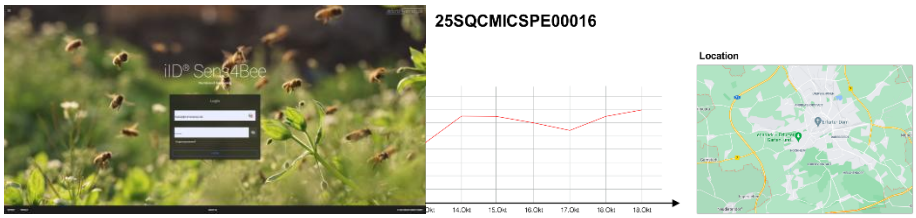

Abbildung 24: Screenhots der Webseite iID Sens4Bee

2.1.5 **AP5 - Erprobungsphase**

Innerhalb von mehreren Erprobungsphasen wurde iterativ das Sensorsystem entwickelt und weiterentwickelt. Die notwendigen Feldversuche wurden vor allem beim und durch den Projektpartner UFZ konzipiert und durchgeführt. Die durchgeführten Arbeiten sind im Text zu AP2 beschrieben.

Die Elektronikkomponenten des Projektpartners IZM sowie der umgesetzte Miniaturdatenlogger wurden ausschließlich im Labor erprobt. Die Arbeiten hierzu sind bei AP3 beschrieben.

2.2 Zahlenmäßiger Nachweis (Extrakt)

Es ergaben sich keine nennenswerten Änderungen gegenüber der Ausgabenplanung bei Projektbeantragung. Eine vollständige Übersicht über die Projektkosten ist im Verwendungsnachweis belegt.

Ein Anteil von ca. 5% der Projektkosten entfallen auf Materialkosten. Die Materialkosten setzen sich wie folgt zusammen:

- Material für Prototypen Sensor-Beacons (mehrere Iterationen)
- Material für Prototypen Gateway
- Material für Versuchsdurchführungen
- Herstellungskosten

Es wurden Unteraufträge zur Erstellung des Sensorportals (bestehend aus zwei Teilaufträgen) sowie zur Implementierung der Gateway-Firmware vergeben. Die Unteraufträge stellten 3,8% der Projektkosten dar.

Es wurden Reisekosten abgerechnet, diese betrugen weniger als 1% der Kosten. Die Personalkosten umfassen 40,4% der gesamten geplanten Selbstkosten.

2.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Entwicklung des Sensorsystems zum Monitoring im Bienenstock war mit einem erheblichen technischen Risiko verbunden. Weiterhin war unklar, ob aus den erfassten Umweltdaten in ausreichendem Maße Daten für die Ableitung von Prognosen mit dem Ziel der Vorhersage des Bienen-Verhaltens abgeleitet werden können. Die Entwicklung des Miniatur-Datenloggers und der dafür verfügbaren Basiskomponenten war mit einem erheblichen technischen Risiko verbunden.

Aufgrund der Kernkompetenz von microsensys für Drahtlose Datenübertragung, Identifikation und Sensorik wäre es ohne die weiteren Projektpartner mit ihrer jeweiligen Expertise nicht möglich gewesen, das Projekt umzusetzen. Im Ergebnis wäre die Durchführung des Projektes ohne eine Zuwendung nicht möglich gewesen. Die für das Projekt zur Verfügung gestellten Fördermittel waren notwendig und dem Umfang des Vorhabens angemessen.

2.4 Nutzen und Verwertbarkeit

Seitens Micro-Sensys werden resultierend aus Projektergebnissen keine Schutzrechte o.ä. angemeldet. Die im Projekt erzielten Ergebnisse dienen direkt der Erweiterung des Produktportfolios der TELID® Sensor-Beacons und können gut in weiteren Anwendungen in Logistik oder Prozess-Monitoring angewendet werden.

Die entstandene Systemlösung für das Monitoring im Sensordaten ergänzt hervorragend das schon verfügbare System zur Identifiaktion von Bienen mit dem Ziel der Verhaltensforschung. Module der Lösung können zudem auch für die Adaption der Anwendung für weitere Industriebereiche genutzt werden. Der Miniaturdatenlogger ist ein technologischer Ausgangspunkt für eine Weiterentwicklung mit weiterentwickelten Komponenten sowie für die Anpassung zur Anwendung in anderen Industriebereichen. Die Expertise im Bereich Erfassung von Akustik und Vibration wurden durch das Forschungsvorhaben deutlich erweitert.

2.5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens

Noch innerhalb der Laufzeit des Projektes wurde durch die Vernetzungsmaßnahme Beenovation ein Austausch zwischen verschiedenen Projekten initiiert. Das Projekt Biene 4.0 hatte das Ziel, Sensorsysteme zur Erforschung der Bienengesundheit zu evaluieren. Speziell im Kontext Datenerhebung und Prognose wurde vereinbart, sich weiter auszutauschen. Während der Projektlaufzeit wurden keine Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens von anderer Stelle bekannt.

2.6 Veröffentlichungen

- Ausstellung und Darstellung des Projektes auf der Messe EuroBee
- Ausstellung und Darstellung des Projektes auf den Apisticus-Tagen
- Darstellung des Projektes in der Innovationsbroschüre des BMEL
- Vortrag zum Projekt bei den Innovationstagen des BMEL 2024
- Erstellung und Veröffentlichung der Webseite iID®Sens4Bee
- Veröffentlichung zum Projekt auf der Webseite microsensys