



Sensoren im Bienenstock

Version 1.0 vom 26.03.2026

Eine Ausarbeitung
 für den Kreisimkerverband Krefeld-Viersen
 im Imkerverband Rheinland
<https://kivkv.de>



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
1.1	Warum Sensoren (Bienenstockmonitoring) in der Bienenhaltung?.....	3
1.2	Für wen ist diese Unterlage.....	3
1.3	Wie ist diese Unterlage entstanden, wie wird sie fortgeführt?.....	3
2	Wie können Sensorinformationen beim Imkern helfen?.....	4
2.1	Von der Betriebsweise zu einzelnen imkerlichen Schritten.....	4
2.2	Lebt mein Volk noch?.....	5
2.3	Brütet mein Volk?.....	5
2.4	Hat mein Volk noch Futter?.....	7
2.5	Will mein Volk schwärmen?.....	7
2.6	Wieviel Nektar trägt mein Volk gerade ein?.....	7
2.7	Sind die Honigräume vollgetragen?.....	8
2.8	Ist die Tracht zu Ende?.....	8
3	Daten aus dem Bienenstock – Was kann man wie messen?.....	9
3.1	Grundsätzlicher Aufbau eines Bienenstock-Monitoring-Systems.....	9
3.2	Bedeutung der Temperaturen im Bienenstock.....	10
3.3	Luftfeuchtigkeit im und um den Bienenstock herum.....	13
3.4	Bedeutung von Luftschall und Körperschall / Vibrationen.....	13
3.5	Bedeutung des Bienenstockgewichts.....	16
4	Ausgewählte Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum Bienenstockmonitoring.....	17
4.1	BeeObserver (BOB, 2019-2021).....	17
4.2	Biene40 (2021 - 2024).....	17
4.3	AI4Bee (2022-2024).....	17
4.4	Steel4Bees (2024-2025).....	18
4.5	Transferinitiative BEENOVATION (2021-2026).....	18
5	Projekte und Anbieter für Sensoren und Bienenstockmonitoring.....	18
5.1	Auswahl einiger Community-Projekte.....	18
5.2	Auswahl einiger etablierter kommerzieller Angebote.....	19
5.3	Auswahl neuer, kommender kommerzieller Angebote.....	19
6	Anwendungsbeispiel.....	20
6.1	Temperaturüberwachung und Varroa-Winterbehandlung.....	20
7	Technik für das Bienenstockmonitoring (zum Nachschlagen).....	25
7.1	Sensoren.....	25
7.2	Microcontroller.....	26
7.3	Funknetze.....	28
7.4	Auswahl von Bezugsquellen für Sensoren und Mikrocontroller.....	30

1 Einleitung

1.1 Warum Sensoren (Bienenstockmonitoring) in der Bienenhaltung?

Ein Bienenstock ist ein dynamisches biologisches System. Temperatur, Feuchtigkeit, Geräusche, und Vibrationen innerhalb des Stocks und die Veränderungen des Gewichts liefern Hinweise auf den Zustand des Bienenvolkes. Moderne Sensorik, Mikrocontroller und Funknetze ermöglichen es, diese Daten automatisch zu erfassen, zu speichern, über das Internet zu transportieren und auszuwerten.

Diese Prozesse fasst man unter dem Begriff Bienenstockmonitoring zusammen. Damit entsteht ein digitaler Zwilling des Bienenstocks – ein Werkzeug, das Imkern helfen kann, Probleme früh zu erkennen und weniger Eingriffe im Bienenstock vorzunehmen.

Der Einsatz von Sensorik eröffnet ein erweitertes Erleben der Imkerei. Neben den direkten Eindrücken am Bienenstock, dem Summen der Bienen, dem Duft der Stockluft und dem guten Gefühl, wenn es den Bienen gut geht, kann man mit digitalen Methoden handfeste Daten über seine Schützlinge gewinnen.

1.2 Für wen ist diese Unterlage

Diese Unterlage richtet sich an Bienenhalter und Imker, die sich für die Unterstützung der imkerlichen Prozesse durch Technik interessieren. Der Fokus liegt hier auf dem Einsatz von Sensoren, um zusätzlich zu den Durchsichten Informationen über ein Bienenvolk zu erhalten. Die Sensorik soll das Arbeiten mit den Bienen anreichern, nicht ersetzen.

Vornehmlich adressiert diese Unterlage Hobbyimker und Forscher. Der Einsatz von Sensorik erfordert zunächst Aufwände - insbesondere an Zeit für die Einrichtung - die sich nicht direkt in einem höheren Ertrag niederschlagen. Ein Erwerbsimker mag hier Anregungen finden, jedoch ist ein Versprechen, dass der Einsatz von Sensoren im Bienenstock den Ertrag steigert oder die Aufwände messbar reduziert, nach den Ergebnissen der letzten Forschungsprojekte nicht haltbar.

Insbesondere adressiert diese Unterlage die Maker unter den Imkern, also Menschen, die sich grundsätzlich für Elektronik interessieren und - an anderer Stelle - schon über Smart Home o.ä. nachgedacht haben. Wer schon mit einem Lötkolben oder der Arduino-IDE gearbeitet hat, findet hier Anregungen für eigene Experimente.

Diese Unterlage erklärt nicht dem Anfänger die Bienenhaltung. Hierzu wird an geeigneter Stelle auf die entsprechenden Imkerei-Lehrbücher verwiesen. Diese Unterlage eignet sich für Menschen, die schon ein Bisschen imkern können.

1.3 Wie ist diese Unterlage entstanden, wie wird sie fortgeführt?

Erkenntnisse in dieser Unterlage entstanden in vielen Gesprächen mit Imkern vom Niederrhein bis in den Alpenraum und im Rahmen von drei geförderten Forschungsprojekten. In kurzen Zyklen erscheinen neue digitale Bauteile am Markt, die die Sensorik im Bienenstock vereinfachen. Diese Unterlage wird daher jährlich aktualisiert und fortgeschrieben.

2 Wie können Sensorinformationen beim Imkern helfen?

2.1 Von der Betriebsweise zu einzelnen imkerlichen Schritten

Betriebsweise. Eine imkerliche Betriebsweise bestimmt das systematische und zielgerichtete Zusammenspiel von Bienenrasse, Beutensystem, Völkerführung, Standort- und Zeitplanung, das ein Imker wählt, um seine Ziele (z. B. Honigertrag, Königinnen-Vermehrung oder Erleben mit den Bienen) zu erreichen. Die imkerliche Betriebsweise legt alle praktischen Entscheidungen des Imkers im Jahresverlauf fest und umfasst die wiederkehrenden Tätigkeiten und Abläufe, mit denen ein Imker seine Völker führt: Wahl der Beute, Brutraumgestaltung, Schwarm-Verhütung, Volkserneuerung, Wanderungen, Fütterung, Varroa-Management und neuerdings Vespa-Velutina-Management. Die imkerliche Betriebsweise ist ein organisatorischer Rahmen, der sich an den gegebenen Zielen, Ressourcen und Standortbedingungen orientiert.

Imkerliche Schritte. Eine Betriebsweise ist die Sammlung aller Prozesse in der Interaktion eines Imkers mit einem Bienen (Abb. 2-1). Im betriebswirtschaftlichen Umfeld spricht man von einer Prozesslandschaft. Ein Prozess besteht aus einer oder mehreren Aktivitäten, die durch Ereignisse ausgelöst werden (meist Erreichen eines Zeitpunktes oder eines Zustandes) und die eine Änderung eines Zustandes zum Ergebnis haben (z.B. ein volles Honiglager oder für den Winter eingefütterte Bienen). Die schrittweise Abfolge der Ereignisse, Entscheidungen und Aktivitäten in einem Prozess sind die imkerlichen Schritte, die ggf. durch Informationen aus einem Bienenstock-Monitoring-System erleichtert oder abgesichert werden können.

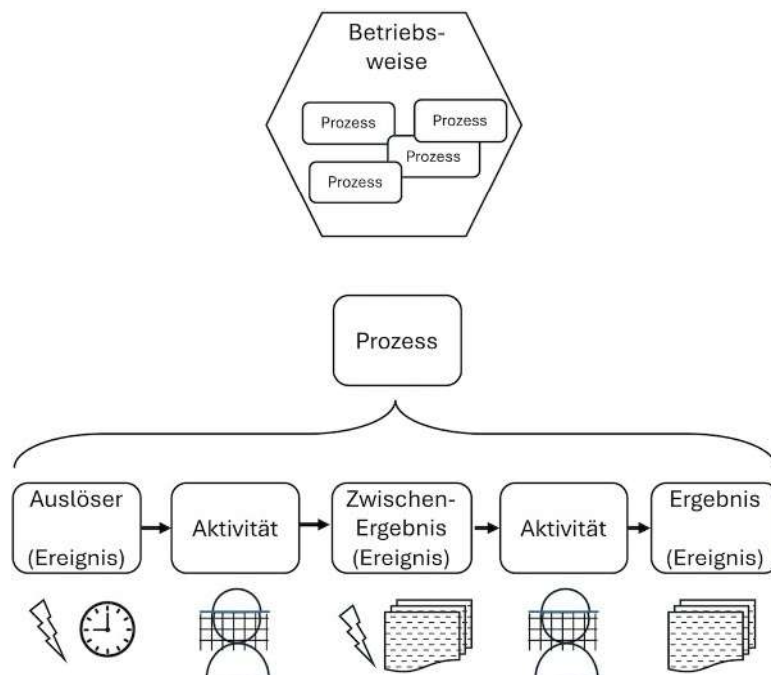


Abb. 2-1: Imkerliche Betriebsweise und Prozesse. Eine imkerliche Betriebsweise wird durch die Sammlung der wiederkehrenden imkerlichen Prozesse im Bienenjahr bestimmt. Jeder Prozess besteht aus einer oder mehreren imkerlichen Aktivitäten. Auslöser für einen Prozess ist Ereignis, das kann ein bestimmter Zustand z.B. des Bienenvolks sein (hier dargestellt durch einen Blitz). Oder der Auslöser ist ein Zeitpunkt im Bienenjahr (hier dargestellt durch die Uhr). Ein Auslöser kann ebenso eine imkerliche Entscheidung sein. Es folgt eine Aktivität, die ein (Zwischen-)Ergebnis hat oder eine Entscheidung erfordert. Das Ergebnis kann wiederum als Ereignis betrachtet werden, das auch eine Aktivität auslösen kann. Diese Aktivitäten bzw. Ketten von Aktivitäten werden i.d.R. durch den Imker ausgeführt. Die Ergebnisse sollten festgehalten und dokumentiert werden – durch Foto, Notizen oder Eintrag in die Stockkarte, bei Varroabehandlung mit Medikamenten durch Eintrag in das Bestandsbuch.

Entscheidungen. Insbesondere, wenn Entscheidungen zu treffen sind, z.B. wann eine Oxalsäure-Behandlung sinnvoll ist, ob die Bienen (not-)gefüttert werden müssen oder ob die Honigräume aufgesetzt oder abgeräumt werden sollen, können Daten aus dem Bienenstock Hilfen geben und die Entscheidung absichern.

2.2 Lebt mein Volk noch?

Die Frage, ob ein Volk noch lebt, kann eine Temperaturmessungen im Bienenstock und der Vergleich mit der Außentemperatur beantworten (Abb. 2-2). Insbesondere nachts, wenn es keinen Energieeintrag durch Sonnenstrahlung gibt, werden lebende Bienen in der Beute zu einer höheren Beuten-Innentemperatur führen.

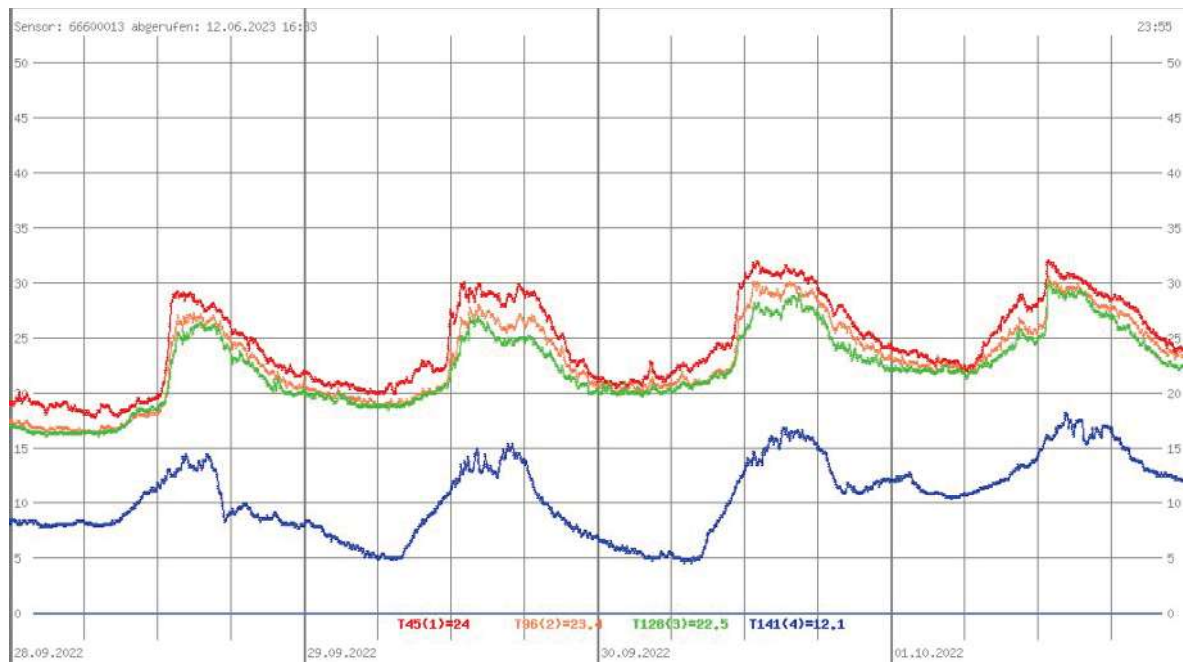


Abb. 2-2: Temperaturverlauf über 4 Tage zum Oktober 2022, Ausschnitt des Biene40-Dashboards. Die Temperatur folgt der Außentemperatur (blau), ist aber immer mehr als 5° höher, insbesondere nachts. Folglich lebt etwas in der Beute und erzeugt Wärme. Unten in der Beute (rot) ist es etwas wärmer als am Oberträger (grün). Der Bienensitz ist folglich nicht unter dem Deckel, die Bienen haben noch einen Futtervorrat über sich.

2.3 Brütet mein Volk?

Die Frage, ob ein Volk brütet, kann der zeitliche Verlauf einer Temperaturmessungen nahe des Bienensitzes und der Vergleich mit der Außentemperatur beantworten (Abb. 2-3). Wenn die Außentemperatur - insbesondere im Tag-Nacht-Rhythmus - schwankt, die Temperatur in der unmittelbaren Nähe des Bienensitzes allerdings nicht der Außentemperatur folgt und konstant bleibt (Abb. 2-3) sowie sich den idealen Bruttemperaturen um die 35°C annähert, ist es wahrscheinlich, dass das Volk brütet.

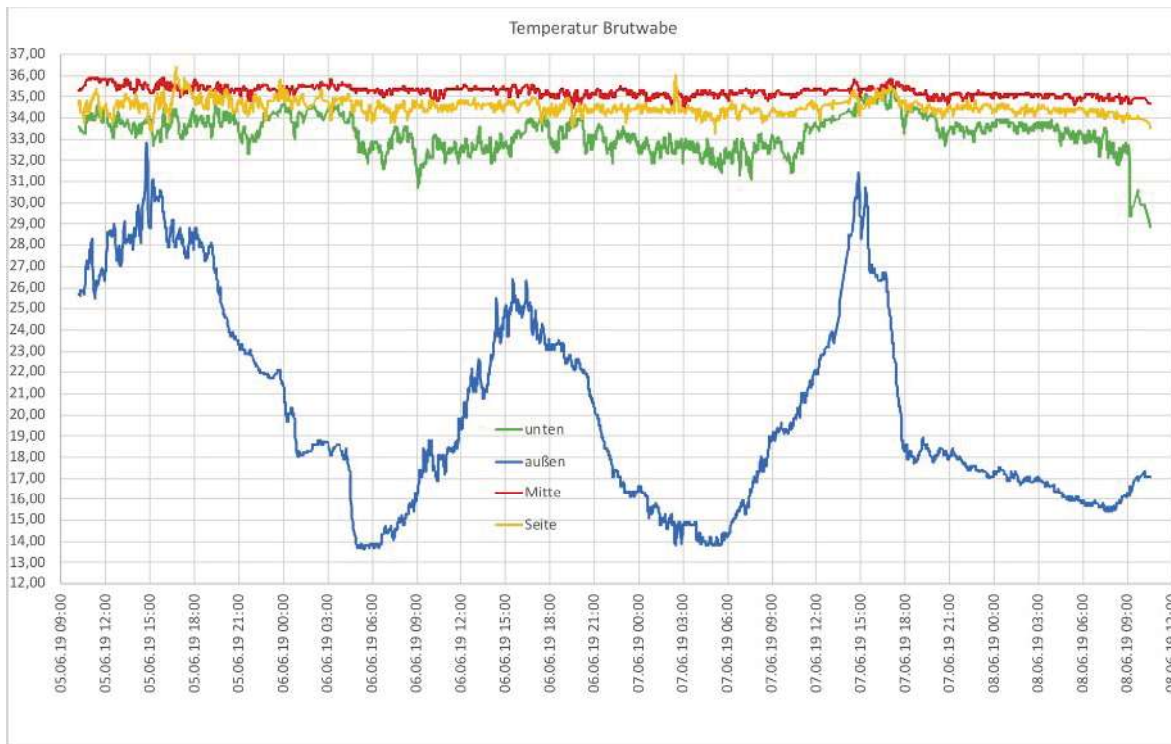


Abb. 2-3: Bienen halten die Temperatur mitten im Brutnest konstant (hier rot), auch bei stark schwankender Außentemperatur. Unten und am Rand (Ort für Weiselzellen) der Wabe ist die Temperatur etwas niedriger.

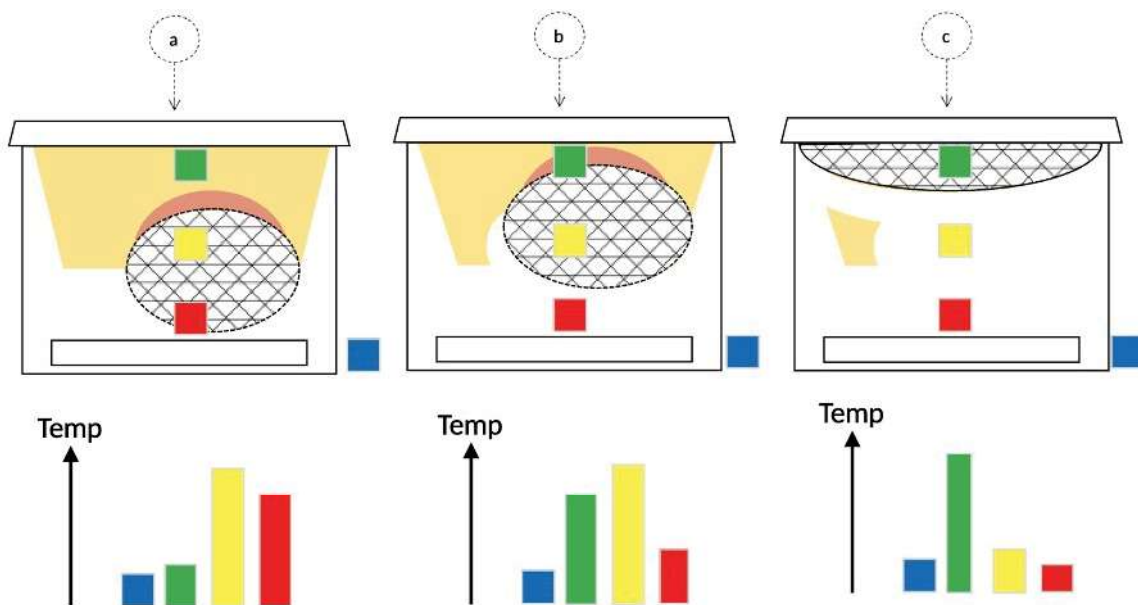


Abb. 2-4: Schematische Darstellung - Drei vertikal angeordnete Temperatursensoren und ein Außensensor. Indikator für Futtermangel: Sensor am Oberträger zeigt die höchste Temperatur, die anderen Sensoren sind nahe der Außentemperatur. Stark von Innentopologie abhängig. Die Bienentraube wärmt sich und nicht die Beute. Daher ist es, wenn die Bienentraube noch nicht oben am Beutendeckel angekommen ist, am Oberträger kälter (näher der Außentemperatur) als weiter unten in der Bienentraube. Fressen sich die Bienen durch ihren Futtervorrat nach oben durch, nähern sie sich dem Sensor am Oberträger. Die Temperatur dort steigt, die Temperatur am unteren Temperatursensor, der nun nicht mehr von Bienen umgeben ist, sinkt. Damit ist das vertikale Profil eine Anzeige für den noch vorhandenen Futtervorrat im Winter.

2.4 Hat mein Volk noch Futter?

Die Frage, ob ein Volk im Winter noch Futter hat, lässt sich sowohl mit Temperaturmessungen als auch mit Gewichtsmessungen klären.

Futternvorrat. Temperaturmessungen haben sich als gutes Prediktions-Instrument für den Futternvorrat gezeigt. Abb. 2-4 zeigt die vertikale Temperaturverteilung in einem Volk zu drei Zeitpunkten - zuletzt, wie es in einem Volk im Winter ohne Futternvorrat aussieht. e dafür, wie weit der Futternverzehr fortgeschritten ist.

2.5 Will mein Volk schwärmen?

Bei der Frage, ob ein Volk in der nächsten Stunde schwärmen will, können Temperaturmessungen und auch Klanganalysen helfen. In den Projekten Biene40 und AI4Bee konnten wir eine ggf. typische Temperatursignatur 20 Minuten vor einem Schwarmakt beobachten (Abb. 2-5). Zunächst steigt die Temperatur im Brutnest unerwartet an, die Bienen rüsten sich für den Auszug und heizen die Flugmuskulatur auf. Danach sinkt die Temperatur, da die Hälfte der Bienen den Stock verlässt. Die verbleibenden Bienen erkennen den Temperaturabfall, heizen verstärkt dagegen und regulieren die Bruttemperatur wieder auf das optimale Maß um 35°C.

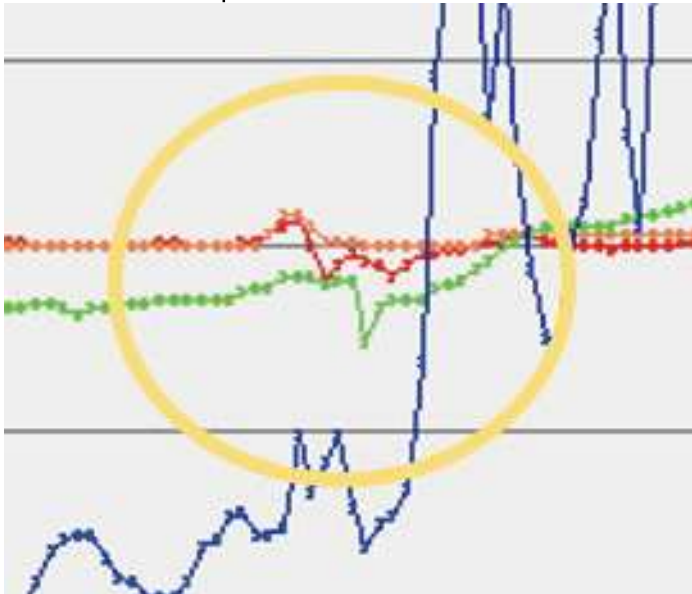


Abb. 2-5: Temperatursignatur kurz vor dem Auszug des Schwarms. Die sonst konstante Temperatur im Brutbereich (rot, nahe Flugloch) sowie auch an anderen Stellen in der Beute steigt leicht an, um sofort wieder zu sinken. Die verbleibenden Bienen nehmen sofort wieder die Temperaturregulation der verdeckelten Brut auf.

2.6 Wieviel Nektar trägt mein Volk gerade ein?

Die Frage, ob ein Volk Nektar einträgt, lässt sich mit Gewichtsmessungen über die Zeit beantworten (Abb. 2-6). Wenn das Beutengewicht bei Flugwetter steigt, ist davon auszugehen, dass die Bienen Nektar eintragen. Bei guten Trachtbedingungen kann das Gewicht um mehrere kg pro Tag steigen.

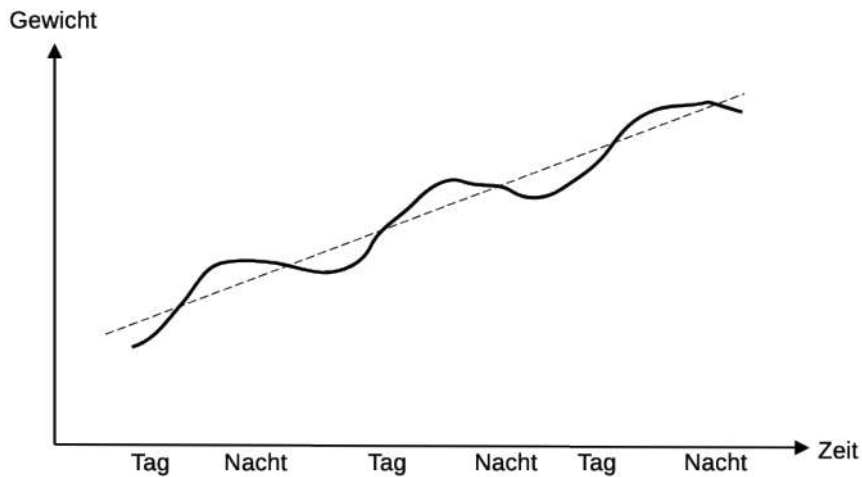


Abb. 2-6: Schematische Darstellung des Gewichtsverlaufs über die Zeit bei Nektareintrag. Im Mittel steigt das Gewicht an (gestrichelte Linie), insbesondere am Tage. Nachts kann das Gewicht stagnieren oder sogar abnehmen (durchgezogene Linie), da Bienen wieder Futter verbrauchen.

2.7 Sind die Honigräume vollgetragen?

Die Frage, ob ein Volk Nektar einträgt, lässt sich mit Gewichtsmessungen über die Zeit beantworten. Wenn das Beutengewicht trotz Flugwetter und guten Trachtbedingungen nach vorherigem Anstieg nicht mehr steigt und konstant bleibt (Abb. 2-7), so sind die Speichermöglichkeiten vermutlich ausgeschöpft und die Honigräume sind voll.

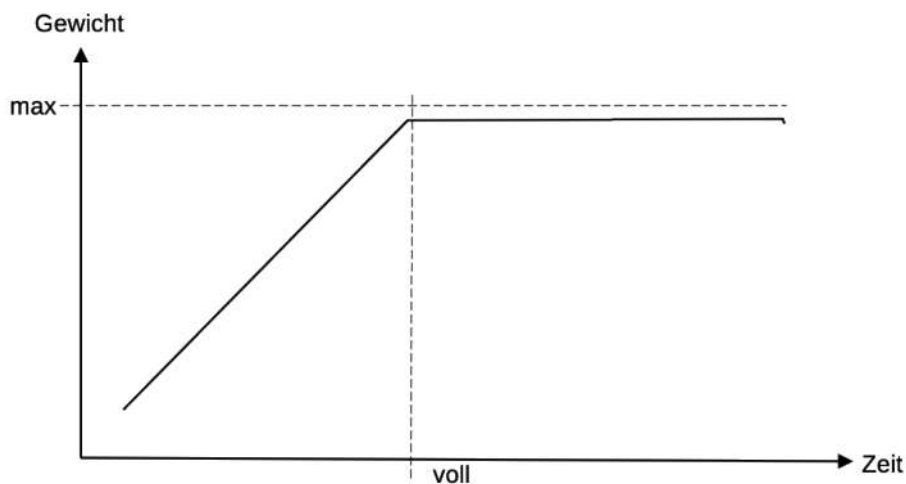


Abb. 2-7: Schematische Darstellung des Gewichtsverlaufs über die Zeit bei vollen Honigräumen. Zunächst steigt das Gewicht in einer Trachtsituation an. Sobald die Honigräume maximal gefüllt sind, bleibt das Gewicht konstant. Den nächtlichen Verbrauch gleichen die Bienen am folgenden Trachttag wieder aus.

2.8 Ist die Tracht zu Ende?

Die Frage, ob eine Tracht sich dem Ende neigt, lässt sich mit Gewichtsmessungen über die Zeit beantworten. Wenn das Beutengewicht zunächst steigt und dann trotz Flugwetter wieder sinkt (Abb. 2-8), werden die Bienen wohl kein Futter finden und ihre gesammelten Vorräte wieder verbrauchen.

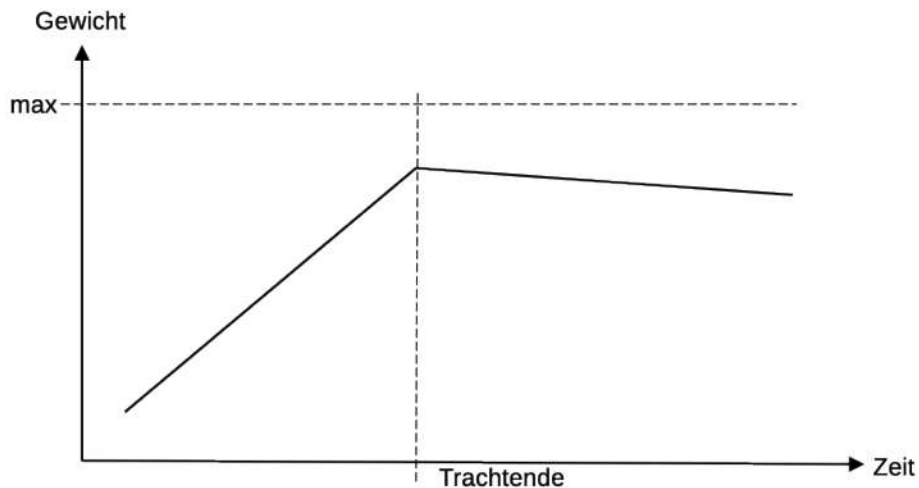


Abb. 2-8: Schematische Darstellung des Gewichtsverlaufs über die Zeit bei Trachtende. Zunächst steigt das Gewicht in einer Trachtsituation, wird aber ggf. nicht das mögliche Maximum erreichen. Wenn die Bienen keinen Nektar mehr finden und die Tracht zu Ende ist, verbrauchen die Bienen das gesammelte Futter und das Gewicht nimmt wieder ab.

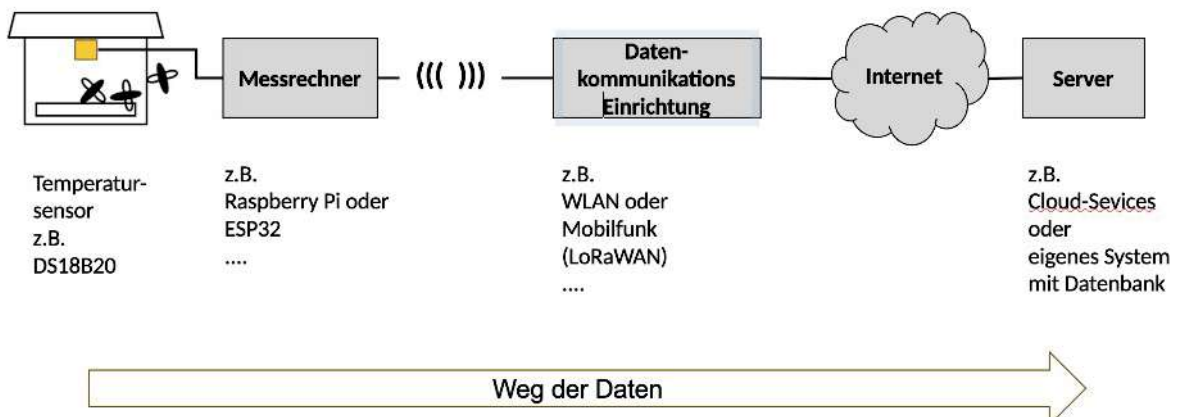
3 Daten aus dem Bienenstock – Was kann man wie messen?

3.1 Grundsätzlicher Aufbau eines Bienenstock-Monitoring-Systems

Ein vernetztes Bienenstock-Monitoring-System besteht vereinfacht aus fünf Ebenen:

1. Sensorik im Bienenstock (Temperatur, Feuchte, Gewicht, Schall,)
2. Edge-Elektronik (Mikrocontroller + Energieversorgung) (Sensor-Auslesung, Vorverarbeitung (Mittelwerte, Filter, Events), Energiemanagement, Funk-Stack (LoRa / WLAN / BLE / Mobilfunk))
3. Funkübertragung (WLAN / LoRaWAN / Mobilfunk / Bluetooth-BLE)
4. Backend (Datenspeicherung (DB, Time-Series, Analyse (Indikatoren, Alarme, API))
5. Visualisierung (Server, Cloud, App, Frontend / UI, Web-Dashboard, Benachrichtigungen (Mail, Push))

Abb. 3-1 zeigt schematisch ein solches System am Beispiel von Temperaturmessungen im Bienenstock, Abb. 3-2 für Soundanalysen.



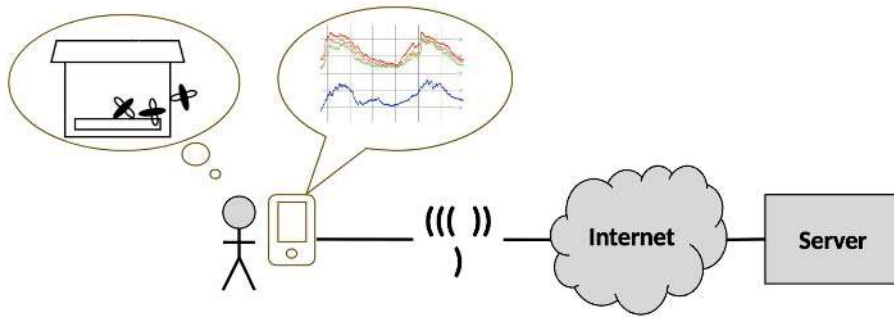


Abb. 3-1: Ein Sensor wandelt Temperaturen in ein elektrisches Signal um. Ein Microcontroller nimmt das Signal entgegen, bereitet die Daten auf und überträgt sie über Gateways auf einen Internet-Server (oben im Bild). Die Daten liegen zeitlich dann geordnet auf dem Webserver und können tabellarisch oder grafisch aufbereitet jederzeit und an jedem Ort abgerufen werden (unten im Bild)

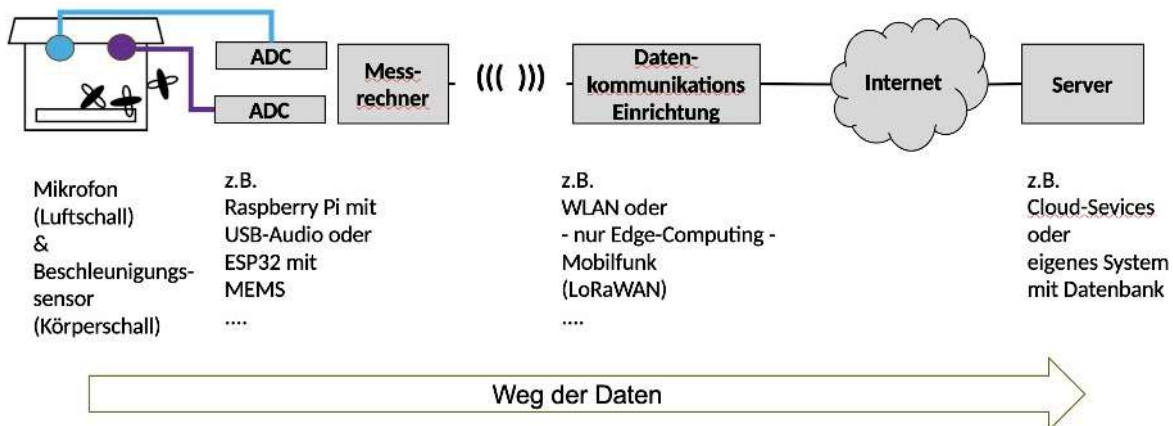


Abb. 3-2: Mit Mikrofonen (oder Piezo-Schallwandlern) können Klänge aus dem Bienenstock aufgenommen werden. Die Analog-Digitalwandlung kann aufwändiger sein - bei MEMS-Mikrofonen ist die Analog-Digital-Wandlung integriert, bei Kondensator-Mikrofonen hilft ein USB-Wandler-Dongle. Ein Raspberry Pi eignet sich als Aufnahmemaschine, eine Klangvorverarbeitung oder Auswertung ist ebenfalls direkt auf dem sogenannten Edge-Rechner möglich. Ein Beispiel einer Edge-Implementierung ist hier (privater Blog des Autors) gezeigt: <https://cbrell.de/blog/natur-soundschnipsel-mit-dem-raspberry-pi-zero-aufnehmen/>

3.2 Bedeutung der Temperaturen im Bienenstock

Honigbienen regeln die Temperatur im Bienenstock und müssen die Temperatur in bestimmten Bereichen konstant halten. Weicht die Temperatur über einen längeren Zeitpunkt stark ab, so hat das Schäden an Königin, Brut und erwachsenen Bienen zur Folge. Bienen setzen ihr Futter durch Vibration der Flugmuskulatur in Wärme um und erzeugen so die notwendige Wärme. Dabei sind Bienen sehr effizient. Wenn es draußen kühl ist, ballen sie sich eng zusammen und beheizen nur sich und ggf. ihre Brut - wie Dr. Pia Aumeier sagt: "Die Bienen heizen sich und nicht die Beute".

Die Temperaturen, die Auskunft über Lebensaktivitäten der Bienen geben, sind:

1. In der Wintertraube: 15-25°C, temporäres Aufheizen bis 30°C
2. Umgebung der Königin: nie unter 15°C
3. Brutnest: 34,5°C bis 35,5°C
4. Außenseite der Wintertraube, Verklammungsgrenze: 8°C
5. durchschnittliche minimale Außentemperatur für Flugbetrieb: 10°C
6. Schwarm-Vorbereitung: kurzfristig bis 39°C
7. Kampf gegen Wespen und Hornissen: bis 43°C

Die Temperatur im Bienenstock ist ein guter Indikator dafür, wie es um die Lebenssituation der Bienen bestellt ist. Dabei ist es entscheidend, wo im Bienenstock gemessen wird. Die Temperatur ist nur dort gegenüber der Außentemperatur merklich erhöht, wo Bienen heizen. Nur wenige cm davon entfernt sinkt die Temperatur rasch ab und nähert sich der Außentemperatur.

Bienen haben vier Strategien gegen Kälte entwickelt - Heizen, Konvektion regulieren, Traube bilden, in Zelle stecken:

Heizen: Bienen koppeln die Flügel aus und bewegen ihre Flugmuskulatur „im Leerlauf“. Die Verlustwärme heizt die Biene und ihre unmittelbare Umgebung auf. Die Energie stammt aus dem zu Honig umgebauten Nektar. Die Biene wandelt also Zucker in Wärme um.

Konvektion regulieren: Bienen können in den Wabengassen den Zwischenraum mit Ihren Körpern abschotten und die Luftbewegung stark verringern.

Traube bilden: Die Bienen bilden unter 10°C Außentemperatur eine Traube, deren Innentemperatur sie gut auf 25° bis 39° regeln können. Die äußeren Bienen („Bienenhaut“) dienen als Isolator. Die Bienen wechseln die Positionen zwischen Traubeninnerem und Bienenhaut.

In Zelle stecken: Eine Biene heizt in einer Zelle und wärmt so die Brut in benachbarten Zellen.

Styropor oder Holz. Das Material der Beute hat einen Einfluss auf die Beuten-Innentemperatur, der Einfluss wird jedoch überschätzt. Messungen im Projekt Biene40 ergaben Unterschiede von 1-2°C in Standardbeuten aus Styropor bzw. Holz. Beobachtet wurde allerdings das Phänomen, dass Bienen in Holzbeuten bei kühlen Außentemperaturen den Kontakt der Bientraube zur ebenfalls kühlen Außenwand meiden, in Styroporbeuten die Reflexion der Infrarotstrahlung an der Beutenwand nutzen und sich an diese anschmiegen. Das hat einem etwas geringeren Futterverbrauch der Bienen in Styroporbeuten im Winter zur Folge.

Volkentwicklung. Eine positive Auswirkung auf die Volkentwicklung im späteren Frühjahr hat isolierendes Beutenmaterial nach Untersuchung von Dr. Gerhard Liebig sowie Karl Kehrlé (Bruder Adam) erstaunlicherweise nicht. Nach Beobachtungen im Projekt Biene40 profitieren Bienen allerdings von einem dicken Styropor-Innendeckel, der ihnen bei kalten Außentemperaturen den Wabenwechsel über den Oberträger erleichtern und so die Wahrscheinlichkeit eines Futterabrisse auch bei kleineren Völkern verringert.

Hitzestress. Im Sommer kann es den Bienen zu warm werden. Das geschieht, wenn Beuten ohne Beschattung in die Sonne gestellt werden. Eine zu hohe Beuten-Innentemperatur kann die Stabilität des Wabenwerks stören oder Brutschäden bewirken. Bienen können grundsätzlich kühlen, das aber nicht effizient. Die drei Strategien der Bienen gegen Hitze sind Wasserverdunstung, Fächeln und Bienenbart:

Wasserverdunstung: Die Sammelbienen fliegen aus und holen Wasser. Dieses wird anschließend von den Stockbienen in kleinen Tröpfchen im Bienenstock und an den Brutwaben verteilt und Luft mit Flügelschlag ventiliert. Das Verdunsten des Wasser entzieht der Umgebung Wärme.

Fächeln: Die Arbeiterinnen versammeln sich vor dem Stock-Eingang (Kopf Richtung Flugloch) und fächeln die warme Luft aus dem Bienenstock heraus.

„**Bienenbart**“: Reichen Wasserverdunstung und Fächeln nicht aus um die Temperatur im Bienenstock zu senken, so bilden die Bienen einen sogenannter Bienenbart - die Bienen verlassen den Stock und hängen sich als Traube vor dem Eingang zusammen. Bienen außerhalb des Stocks tragen nicht zur Temperaturerhöhung im Stock bei, zudem kann Luft im Stock bei geringem Bienenbesatz besser zirkulieren.

Sonnenstrahlungs-Abschirmung. Im Projekt Biene40 haben wir herausgefunden, dass ein Strahlungsschild in Form einer einfachen, hinterlüfteten Holzplatte auf der Beute zuverlässig eine Überhitzung der von Bienen bewohnten Beute unterbindet. Die gleiche Wirkung erzeugt ein reinweißer Deckelanstrich.

Flugbetrieb. Interessant ist die Außentemperatur direkt in Beutennähe und am - ggf. sonnenbeschienenen - Flugloch. Die Außentemperatur zeigt im Vorfrühling an, ob von den Bienen ein Reinigungsflug erwartet werden kann. Ebenso dient sie als Vergleichsmaßstab für die Beuten-Innentemperatur. Ist die Beuten-Innentemperatur nachts ohne Sonneneinstrahlung höher als die Außentemperatur, so wird etwas in der Beute leben - vermutlich leben die Bienen noch. Eine Temperatur am Flugloch über 10°C ermöglicht es den Bienen - und animiert sie dazu - den Beuten-Boden sauber zu halten und tote Bienen aus der Beute zu schaffen. Tun die Bienen das nicht, kann dies als Selektionskriterium für die Königinnen-Vermehrung herhalten.

Bewertung. Temperaturen sind einfach und kostengünstig im und am Bienenstock zu messen, sie können interessante und wertvolle Hinweise über den Zustand eines Bienenvolkes liefern. Zu empfehlen ist eine Temperaturmessung an mehreren Positionen innerhalb der Beute, die Außen- Schattentemperatur in Beutennähe und die Temperatur am Flugloch. Im Projekt Biene40 hat sich eine vertikale Messung an drei Positionen auf der Brut- oder Honigwabe als günstig herausgestellt.

Quellen und Weiterlesen:

Brell, Claus (2020): Futter im Stock? – Temperaturmessung zeigt's an. In: bienen&natur, 03/2020, München, S. 36-37.

Brell, Claus (2019): Der Körperwärme des Biens auf der Spur – Internetgestützte Temperaturanalyse zur Überwachung von Bienenvölkern. In: bienen&natur, 02/2019, unter: <https://www.researchgate.net/publication/330727960> Der Körperwärme des Biens auf der Spur - Internetgestützte Temperaturanalyse zur Überwachung von Bienenvölkern

Brell, Claus (2025) Schutz vor Hitze – der Einfluss der Beutendeckel. bienen&natur Sonderheft 1 Imkern im Klimawandel 2025. S. 40-43

Bruder Adam (2019) Meine Betriebsweise - Imkern wie im Kloster Buckfast. Stuttgart. 8.Auflage

Liebig, Gerhard (2020): Einfach Imkern. Bochum. 4.Auflage
(Anmerkung: Die 4. Auflage ist gegenüber der 1. Auflage deutlich verbessert und offener gegenüber alternativen Betriebsweisen)

Messelken, Marco; Wurm, Julia; Brell, Claus (2024) Honey Bees Don't Like It Hot – Temperature Measurements in Beehives During High Sunlight. <https://vixra.org/abs/2401.0107>

Messelken, Marco; Wurm, Julia; Brell, Claus (2023) Honigbienen im Hitzestress – Messungen und Maßnahmen. In: BuckfastBienenBayern. Ausgabe 1/2023, S. 30-36

3.3 Luftfeuchtigkeit im und um den Bienenstock herum

Verschieden Quellen beschreiben eine relative Luftfeuchte im Brutnest von 50% bis 65%. Im Projekt Biene40 haben wir hingegen keinmal unter 90% in einem Brutnest mit Futterkranz gemessen. Bienen profitieren im Frühjahr manchmal sogar von den Kondenswassertropfchen innen an der Schutzfolie. Imker mögen den schwarzen Schimmel (*Aspergillus niger*) in den Ecken von unzureichend mit Bienen besetzten Holzbeuten nicht.

Klimadeckel. Die menschliche Sichtweise auf menschliche Behausungen und die Übertragung auf Bienenbeuten führt dann zu abenteuerlichen Konstruktionen (Klimadeckel), die die Luftfeuchte in der Beute teilweise mit Erfolg senken (Im Projekt Biene40 bei Viersener Imkern gemessen). Nicht eindeutig geklärt ist, ob die Bienen tatsächlich davon profitieren.

Standortbewertung. Es lässt sich feststellen, dass gute Standorte für Honigbienen oft eine geringere Luftfeuchte aufweisen als weniger gute Standorte. Somit kann die langfristige und vergleichende Messung der Luftfeuchte außen am Bienenstock die Indikation zur Wahl des Standortes liefern. Ein im Vergleich trockenerer Standort ist als Bienenstand besser geeignet.

Bewertung: Ein Analyse der Luftfeuchtigkeit im Bienenstock wird hinsichtlich des praktischen Nutzens überschätzt und ist zudem technisch schwierig. Ein Monitoring der Luftfeuchtigkeit am Bienenstand in unmittelbarer Stocknähe und der Vergleich mit Wetterdaten aus dem weiträumigen Umfeld kann wertvolle Erkenntnisse über eine Standorteignung bringen.

3.4 Bedeutung von Luftschall und Körperschall / Vibrationen

Aktivitäten von Honigbienen sind von hörbaren und unhörbaren Geräuschen begleitet (Abb. 3-3). Imker bewerten die Geräusche seit langem. Bienen erzeugen charakteristische Frequenzmuster, die Hinweise auf Schwarmstimmung, Königinnen- oder Weisellosigkeit oder sonstige Störungen und Stress im Bienenstock geben können. Bienen selber können nicht hören, sie nehmen jedoch Körperschall in Form von Vibrationen über ihre Beine wahr.

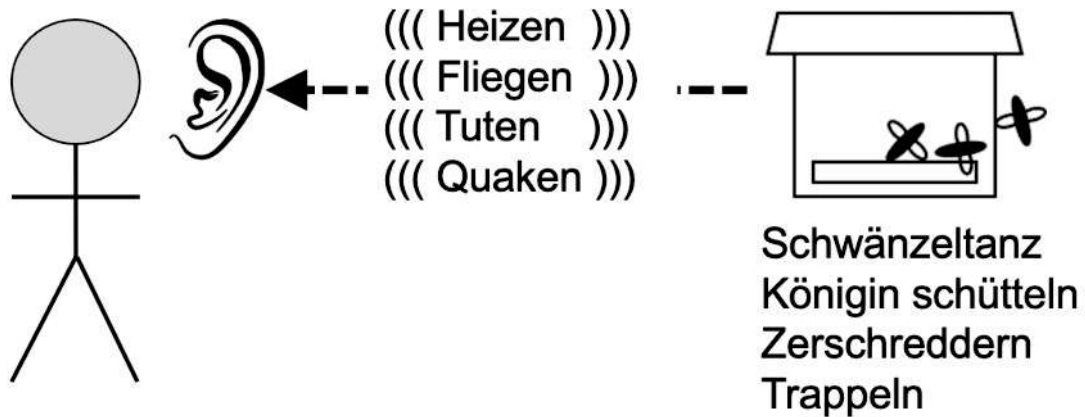


Abb. 3-3: Gut hörbare und weniger gut hörbare Schallereignisse im Bienenstock. Körperschall (Trappeln, Zerschreddern) und niederfrequenter Schall (Schwänzeltanzbewegung) können ohne Hilfsmittel kaum wahrgenommen werden.

Fluggeräusch. Am Flugloch ist bei Fluggeräusch das Summen der Bienen zu hören. Das Summen entsteht durch den Flügelschlag und die Luftverwirbelungen an den Flügeln beim Flug. Der Flügelschlag liegt bei 234 ± 13.9 Hz, das entspricht im deutschen Musik-Notensystem der Note ais.

Stockgeräusch. In der Beute ist ebenfalls ein Summen der Bienen zu hören. Das Summen in der Beute klingt eher wie eine breitbandiges, niederfrequentes Rauschen - Techniker sprechen von Brownschen Rauschen. Das Summen resultiert aus den Kontraktionen der Flugmuskulatur, mit der die Bienen Wärme erzeugen. Bienen können Ihre Flügel dabei auskoppeln, so dass die Flugmuskulatur quasi im Leerlauf arbeitet. Die Frequenzen liegen unter dem Fluggeräusch bei etwa 180 Herz, im deutschen Musik-Notensystem liegt das zwischen den Noten f und fis. Wenn Bienen aufgeregt sind oder gestört werden, erhöht sich die hörbare Tonhöhe und die Lautstärke

Klopfprobe. Die Änderung der Tonhöhe und Lautstärke machen sich Imker bei der Klopfprobe zunutze. Die Bienen reagieren auf eine Störung wie Klopfen an der Beute mit einem kurzen Aufbrausen. Bei einem gesunden, weiselrichtigen Volk ist das Aufbrausen mit einer Dauer von etwa einer Sekunde sehr kurz. Bei einem weisellosen Volk oder einem durch Krankheit belastetem Volk kann das Aufbrausen länger dauern und in eine Art Jammern übergehen. Im öffentlich geförderten Projekt AI4Bee ist es gelungen, das Aufbrausen KI-gestützt zu klassifizieren. Eine marktgängige Lösung konnte daraus nicht entwickelt werden. Zur Soundanalyse gibt es hier (persönlicher Blog des Autors) weiterführende Informationen: <https://cbrell.de/blog/temperaturmessungen-und-soundanalysen-in-bienenstoecken-dadant-und-kombibeuten/>

Weisellosigkeit. Etwa zwei Stunden, nachdem Bienen ihre Königin verloren haben, beginnt die sogenannte Weiselunruhe. Das äußert sich in einer Änderung des Stockgeräuschs vom beruhigenden Brummen hin zu einer Art Jammern.

Schwänzeltanz. Bienen verwenden die Vibrationen zur Kommunikation untereinander - die Vibrationen entstehen z.B. bei dem sogenannten Schwänzeltanz, den Arbeiterinnen auf Brutwaben aufführen und mit die Bienen sich untereinander über den Standort von z.B. Nektarquellen informieren. Das Schwänzeln bezeichnet ein Hin- und Herschwingen des

Abdomens mit einer Frequenz von 5-25Hz. Den Schwänzeltanz kann man nicht hören. Der Schwänzeltanz kann mit Vibrationssensoren in der Brutwabe, auf der der Tanz stattfindet, detektiert werden. Das Hin- und Herschwingen moduliert den hörbaren Flügelschlag.

Schwarmvorbereitungen. Etwa 20 Minuten vor einem Schwarmakt wärmt die Hälfte der Arbeiterinnen ihrer Flugmuskulatur auf. Das resultiert in einer deutlich höheren Lautstärke und einer höheren Frequenz des Stockgeräuschs. In den Projekten Biene40 und AI4Bee konnte das Phänomen jeweils nur einmal beobachtet werden.

Technik. Man benötigt einen Schallaufnehmer, einen Verstärker, einen schnellen Analog-Digital-Wandler mit hoher Auflösung und einen leistungsfähigen Microcontroller. Mit einem Linux-System wie dem Raspberry Pi und einem Standard USB-Audio-Dongle so wie preisgünstigen Messmikrofonen (MCE-100) gelingt der Selbstbau. Statt eines Kondensator-Mikrofons kann auch ein preiswerter Piezo-Kristall für die Abnahme von Körperschall verwendet werden. In Verbindung mit einem ESP32 ist ein digitales MEMS-Mikrofon geeigneter.

Bewertung. Die Unterschiede zwischen Bienenvölkern sind hier sehr groß, so dass eine Analytik über das Klanggeschehen schwierig ist. Die Bewertung des Klanggeschehens über Bewertungsregeln liefert nur unsichere Ergebnisse. Die durch Störungen induzierten Klangereignisse sind seltene Ereignisse, so dass es schwierig ist, ausreichend Daten für das Training von KI-Systemen zu erhalten. Ansätze unter Laborbedingungen funktionieren, eine Umsetzung von praktischen, brauchbaren Systemen für den Einsatz im Feld steht noch aus. Der Aufwand, der hier getrieben werden muss, ist im Ergebnis zum praktischen Nutzen sehr hoch.

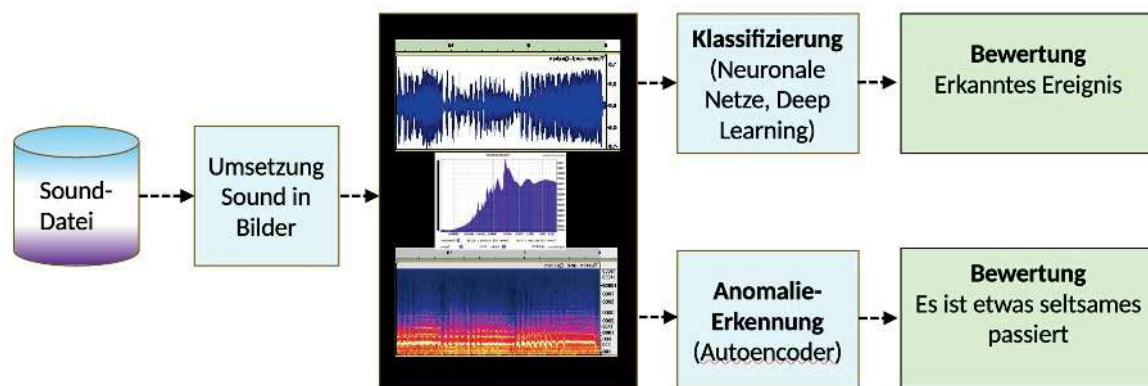


Abb. 3-4: Sounderkennung mit KI. Unter Laborbedingungen hat das im Projekt AI4Bee gut funktioniert, aber nicht zu einem praktikablen Gerät geführt.

Quellen und Weiterlesen:

Brell, Claus(2023): Wie geht es meinen Bienen? Mit einfacher Digitaltechnik zu vitaleren Völkern

Video des Vortrags Eurobee 2023 auf youtube: https://youtu.be/hGbfwfCQLvc?si=Wj3ITxObnVj_UJzr

Brell, Claus (2022) Den Bienen zuhören mit Biene40 – Sound- und Vibrationsanalysen zur Prädiktion kritischer Zustände im Bienenstock. In: 67. Weinheimer UKW-Tagung. S 22.1-22.11

Clark et al (2017) Resonance frequencies of honeybee (*Apis mellifera*) wings. Journal of Experimental Biology (2017) 220, 2697-2700 doi:10.1242/jeb.154609, online: <https://journals.biologists.com/jeb/article/220/15/2697/17891/Resonance-frequencies-of-honeybee-Apis-mellifera>

Menzel, Randolph (2024) 100 Jahre Schwänzeltanz. Biologie in unserer Zeit 1/2024(51) DOI:10.11576/ biuz-7014, online: https://www.bcp.fu-berlin.de/en/biologie/arbeitsgruppen/neurobiologie/ag_menzel/publications/100-Jahre-Schwaenzeltanz_Feb24.pdf

Tautz, Jürgen (2012) Phänomen Honigbiene. Springer-Spektrum, Heidelberg

von Frisch, Karl (1920) Über die „Sprache“ der Bienen. Münch. med. Wochenschrift 20, 566–569.

3.5 Bedeutung des Bienenstockgewichts

Die Kenntnis über das Bienenstockgewicht und dessen zeitliche Veränderung kann eine Hilfe bei der Pflege der Bienenvölker (Abb. 3-5) sein. Während der Tracht zeigt die Änderung des Bienenstockgewichts an, ob die Bienen Nektar eintragen (das Gewicht steigt) oder ob die Bienen Futter verbrauchen (das Gewicht sinkt). Sinkt das Gewicht schnell um etwa 2 kg, so ist wahrscheinlich ein Schwarm abgegangen oder ein Dieb hat sich an der Beute zu schaffen gemacht. Zeigt die Gewichtsveränderung nach einem mehrtägigen Anstieg einen Sättigungsverlauf, so ist entweder die Tracht zu Ende oder der Honigraum voll.

Im Winter ist die Veränderung ein Indikator für den Futterverbrauch (siehe Abb. 3-5).

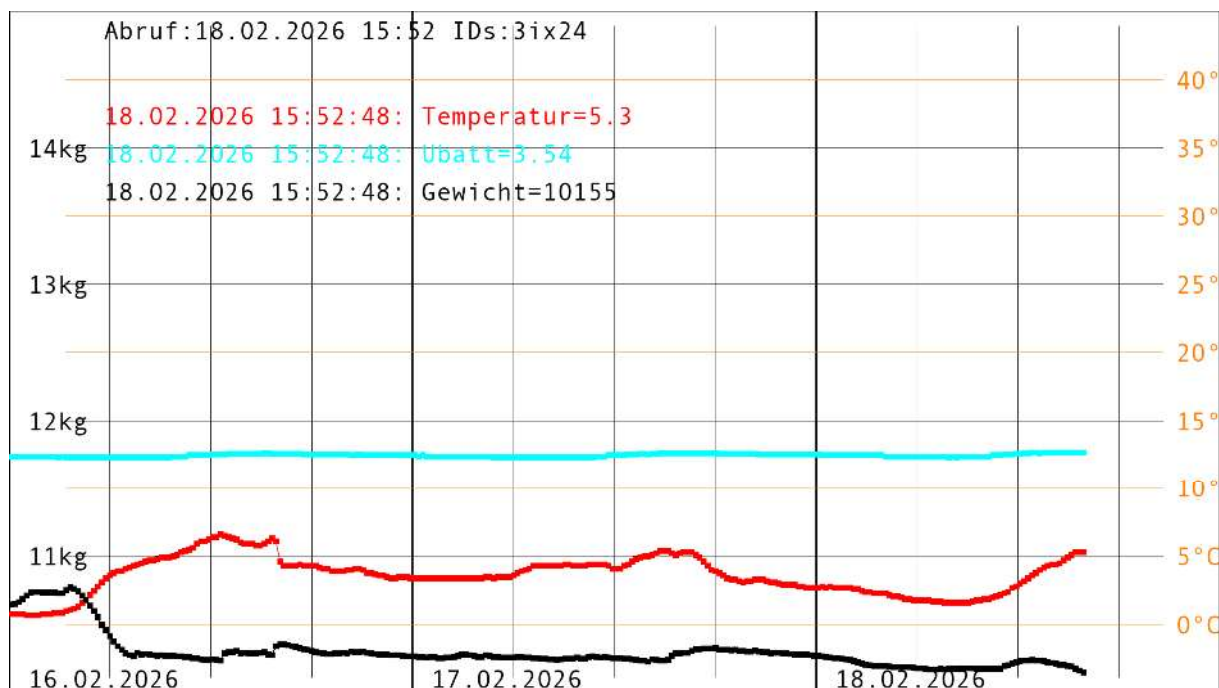


Abb. 3-5: Gewichtsverlauf im kühlen Februarende 2026. Verwendet wird ein einfaches Wägesystem aus dem Projekt Steel4Bees. Zu sehen ist eine leichte Gewichtsabnahme über drei Tage (schwarze Linie). In der Nähe des Bienenstocks blüht nur wenig. Schankungen innerhalb eines Tages sind vor allem auf Bewegungen der Bienen-Traube in der Beute und auf Futter-Umlagerungen zurückzuführen. Zusätzlich ist der Verlauf der Batteriespannung (hellblau) und der Temperatur in der Waage (rot) dargestellt.

Futtergaben in der trachtlosen Zeit lassen sich an den Gewichtsveränderungen leicht nachvollziehen - die zeitlich periodischen Gewichtsmessungen helfen so bei der Dokumentation der imkerlichen Tätigkeiten.

Technik. Wägezellen können gut und kostenintensiv sein (Fa. Bosche aus Deutschland oder CSL-Zellen auch China) oder preiswert (Flachwägezellen aus China), dafür in der Handhabung „knifflig“. Für ein Komplett-System benötigt man Wägezellen, eine stabile Halterung dafür, einen Verstärker und AD-Wandler (oft basierend auf einem HX711-Chip) und einen Microcontroller für die Datenweiterverarbeitung. Der Selbstbau wird durch die schwachen analogen Signale erschwert. Korrosion, Temperatur- und Luftfeuchte-Schwankungen führen zuweilen zu irregulären Daten. Diesen Teil der Technik wurde im Projekt Steel4Bees gelöst und wird für Maker (Selbermacher) in Form eines ein teilfertiges Wiegesystem zur Verfügung stehen.

Bewertung. Das Bienenstock-Gewicht liefert zumeist gut interpretierbare Daten, die Bedeutung des Bienenstock-Gewichts erschließt sich sofort. Die Messung ist nicht ohne Aufwand, im Vergleich zu Temperatur und Sound ist sie teurer. Imker, die regelmäßig und intensiv mit ihren Waagen arbeiten, berichten meist positiv darüber.

4 Ausgewählte Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum Bienenstockmonitoring

4.1 BeeObserver (BOB, 2019-2021)

BeeObserver ist ein Citizen-Science-Projekt, das Imker, Forschende und Technikinteressierte zusammenbringen soll, um Bienenstöcke mit Sensorik auszustatten und gemeinsam Daten über das Verhalten und die Lebensbedingungen von Honigbienen zu sammeln. Ziel ist es, ein besseres Verständnis für Umweltfaktoren und Stressoren zu gewinnen und dieses Wissen offen zugänglich zu machen. Das Projekt Bee Observer startete in Bremen und ist eines der 13 Citizen-Science-Projekte, die das BMBF gefördert hat.

Internet-Seite: <https://hiverize.org/>

4.2 Biene40 (2021 - 2024)

Ziel des geförderten Projektes Biene40 ist, mit intelligenter Sensorik zu ermöglichen, dass ein Imker mehr über sein Bienenvolk und dessen unmittelbare Umgebung weiß, ohne zum Volk hinzufahren und die Beute öffnen zu müssen. Daraus soll eine geringere Mortalität und höhere Vitalität der Bienenvölker mit positiven Effekten auf den Bienenbestand und die Bestäubungsleistung resultieren. Vernetzte Sensoren werden über Labormuster bis zur Prototypenreife weiterentwickelt und die Marktverfügbarkeit vorbereitet. Dazu gehört auch der Aufbau einer „Informationsdrehscheibe“, über die die Daten der Sensoren gesammelt, mit zusätzlichen Informationen angereichert und über das Internet und über das Smartphone für den Imker zur Verfügung gestellt werden. Die meisten Bilder in dieser Unterlage stammen aus dem Biene40-Projekt.

Internet-Seite: <https://clabremo.de/biene40-projekt/>

4.3 AI4Bee (2022-2024)

Im Projekt AI4Bee wurde ein proaktives Assistenzsystem entwickelt, welches das Prinzip der Trachtwaage aufgreift, diese mit zusätzlicher energieautarker Sensorik ausstattet und um eine digitale Plattform für Imkerinnen und Imker erweitert. Durch den Einsatz von modernen KI-Algorithmen ist es möglich, den aktuellen Zustand des Bienenvolks (z.B. Schwarmvorbereitungen) im Stock zu ermitteln, prädiktive Vorhersage zu treffen und Handlungsempfehlungen auszusprechen.

Internetseite: <https://ai4bee.de>

4.4 Steel4Bees (2024-2025)

Imker finden, dass Wiege-Einrichtungen für Bienenstöcke zu teuer sind oder sie sind trotz Bewerbung in Magazinen in Deutschland nicht zu haben sind. Und es gibt Waagen, die funktionieren nicht richtig. Die gängigen Bauweisen der Waagen sind manchen Imkern auch „zu viel Maschinenbau“. Das geförderte Projekt Steel4Bees hat einen vereinfachten „Trachtschätzer“ entwickelt, der in 2026 auf den Markt kommen wird. Einige Bilder in dieser Unterlage stammen aus dem Steel4Bees-Projekt.

Internetseite: <https://clabremo.de/steel4bees/>

4.5 Transferinitiative BEENOVATION (2021-2026)

Beenovation ist die Vernetzungs- und Transfermaßnahme zur "Bekanntmachung über die Förderung von Forschungsvorhaben zum Schutz von Bienen und weiteren Bestäuberinsekten in der Agrarlandschaft" des Bundesministeriums für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat (BMLEH). Beenovation verfolgt das Ziel, durch Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit eine hohe Sichtbarkeit und nachhaltige Breitenwirksamkeit der geförderten Verbundprojekte (u.a. Biene40) sicherzustellen und dadurch Wissenstransfer und Innovationsprozesse der insgesamt 16 Verbundprojekte zu unterstützen. Es sollen Kooperationen zwischen den 1Projekten und weiteren Akteuren aus Landwirtschaft, Forschung, Industrie und der Privatwirtschaft entstehen. Darüber hinaus sollen Synergien zu anderen Projekten des Programms zur Innovationsförderung sowie anderen relevanten Förderprogrammen hergestellt werden.

Internetseite: <https://www.beenovation.de>

5 Projekte und Anbieter für Sensoren und Bienenstockmonitoring

In Deutschland kann ein Imker sein Bienenstockmonitoring selber bauen oder aber komplette Lösungen kaufen. Meist steht eine Trachtwaage im Vordergrund. Es gibt auch viele Bauanleitungen im Internet, die meist aus Hobby-Projekten erwachsen sind. Die sollen der eigenen Recherche belassen bleiben.

5.1 Auswahl einiger Community-Projekte

Beelogger

(Seit 2016)

Startete zunächst als privates Projekt eines Viersener Imkers und seinem Sohn. Heute gibt es mehr als 1000 Installationen in Deutschland, hinter der Weiterentwicklung steht ein vierköpfiges Team. Basis des Beelogger ist eine Entwicklung rund um den Arduino, zunächst als reiner lokaler Datenlogger, heute mit Zugang über alle Netze

Webseite: <https://beelogger.de>

Hiveeyes

(seit 2011)

Hiveeyes ist ein Open-Source-DIY-Toolkit zum Aufbau von Bienenstock-Überwachungssystemen. Es ist modular aufgebaut und basiert auf modernen Technologien und Komponenten wie Arduino, MQTT, InfluxDB und Grafana. Mit kostengünstiger, stromsparender Hardware möchten wir die nicht-invasive Bienenzucht so erschwinglich und komfortabel wie möglich machen.

Webseite: <https://hiveeyes.org>

Honey-Pi

(Seit 2018)

Honey-Pi ist eine Bienenstockwaage zum Selberbauen, die auf dem Raspberry Pi basiert. Sie erlaubt das Messen von Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Gewicht uvm.

Die Messdaten werden über ThingSpeak visualisiert. Nachbauen des Messsystems soll auch ohne IT-Kenntnisse möglich sein. Es gibt eine eigene Android App und iOS App zur Ansicht der Bienenvölker.

Webseite: <https://honey-pi.de>

5.2 Auswahl einiger etablierter kommerzieller Angebote

Beeconn

BeeConn ist nicht nur eine Waage, sondern ein komplettes Monitoring-System für Bienenstände. Es misst das Gewicht der Beuten, die Innentemperatur und Wetterdaten (mit optionaler Wetterstation). Die Daten werden über GPRS oder WLAN an ein Gateway oder einen Server im Internet übertragen. Die Waagen von BeeConn sind besonders flach.

Webseite: <https://beeconn.net/de/>

Ein Bericht: <https://cbrell.de/blog/unboxing-bienenstockwaage-beeconn/>

Beehivemonitoring

(seit 2016)

Beehivemonitoring bietet Bienenstockwaagen zu sehr niedrigen Preisen. Das System ist besonders energieeffizient, das Unternehmen bietet eine große Produktvielfalt. Über die Handhabbarkeit gibt es unterschiedliche Sichtweisen.

Webseite: <https://beehivemonitoring.com>

Ein Bericht: <https://cbrell.de/blog/unboxing-bienenstockwaage-xs-gateway-2g-solar-beehivemonitoring/>

Easyhive

(Seit 2019)

Easyhive ist eine preisgünstige Waage mit massiven Aluminium-U-Profilen und einem jungen Gründerteam.

Webseite: <https://easyhive.org>

Wolf-Waagen

(Seit 2010)

Wolf-Waagen sind über 1000 mal in Deutschland installiert, - sie bilden das Rückgrat des Trachtnet, einem deutschlandweiten Verbund von Trachtwaagen seit 2013. Die Wagen sind eher hochpreisig und bieten ein komplettes Monitoring-Ökosystem.

Webseite: <https://wolf-waagen.de>

5.3 Auswahl neuer, kommender kommerzieller Angebote

HoneyLINK

(erwartet 2026)

HoneyLINK bietet eine robuste und preisgünstige Stockwaage mit einem Bluetooth-Sender.

Webseite: <https://www.honeylink.io>

Steel4Bees

(erwartet 2026)

Steel4Bees richtet sich an Maker unter den Imkern, die zwar ihr Monitoring-System selber bauen wollen, aber den „Maschinenbau-Aufwand“ bei einer Trachtwaage scheuen. Hier wird es das Wiegesystem mit einer einfachen Schnittstelle und Bauanleitungen für Controller geben. Andere Unternehmen (microsensys) entwickeln bereits Bluetooth-Zusatzkomponenten.

Webseite: <https://clabremo.de/steel4bees/>

6 Anwendungsbeispiel

6.1 Temperaturüberwachung und Varroa-Winterbehandlung

Wenn ein Bienenvolk im Winter brutfrei oder zumindest brutarm ist, kann es gegen Varroa behandelt werden. Es steht das Träufeln oder das Bedampfen mit Oxalsäure zur Auswahl. Bei der Entscheidung für das Verfahren und der Wahl des richtigen Zeitpunktes können Temperaturdaten aus dem Bienenstock helfen.

In diesem Praxisbeispiel kam das im Projekt Biene40 entwickelte Temperatur-Messsystem zum Einsatz.

6.1.1 Zur Technik der Temperaturmessungen im Bienenstock

Die hier vorgestellte Temperaturmessung funktioniert in allen Beutensystemen. Daten für diesen Beitrag wurden in einer Holzbeute (Mini Plus Überwinterungssystem, zweizargig) erhoben. Es sind im vorderen Bereich nahe des Fluglochs zwei Temperatursensoren übereinander angebracht: Ein Temperatursensor ist in einer Futterwabe in der oberen Zarge montiert, ein Temperatursensor befindet sich auf einer bis vor kurzem bebrüteten Wabe in der unteren Brutzarge (Abb. 6-1). Jeder Temperatursensor verfügt über drei übereinander angebrachte Temperaturfühler (hier drei DS18B20), die Auskunft über das vertikale Temperaturprofil auf der Wabe liefern: In der Wabenmitte, am Oberträger und am Unterträger. Die Temperaturen werden alle 15 Minuten gemessen und von einem Microcontroller auf einen Internet-Server übertragen. Dort werden die Daten grafisch aufbereitet und zum Abruf bereitgestellt.

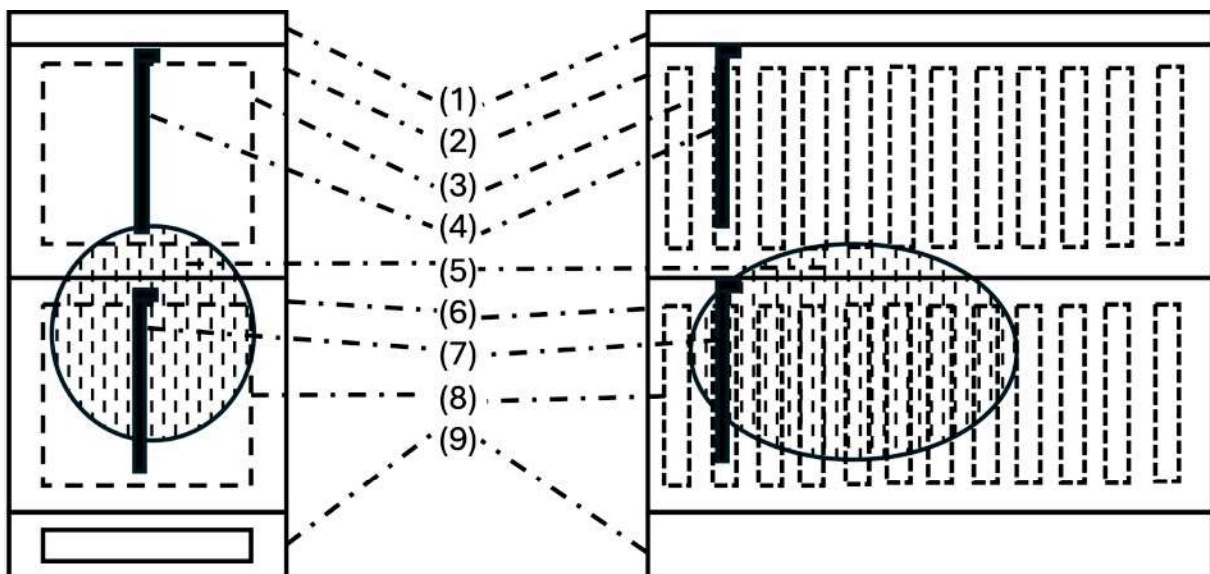


Abb. 6-1: Die Positionierung der Temperatursensoren im Bienenstock. Schematisch dargestellt ist eine zweizargige Beute links in Front- und rechts in Seitenansicht. Es bedeuten: (1) Beutendeckel (2) Zarge mit Futterwaben (3) Futterwabe (4) Temperatursensor auf einer Futterwabe, (5) Bienensitz, Wintertraube, (6) Brutzarge (7) Temperatursensor auf einer Brutwabe (8) Brutwabe (9) Beutenboden

6.1.2 Der richtige Zeitpunkt für die Varroabehandlung

21 Tage nach ein oder zwei frostigen Nächten kann man im Bienenvolk mit einer weitgehende Brutfreiheit rechnen. Ist es gleich nach den Frostnächten wieder sehr warm, so geht das Volk ggf. ungern aus der Brut. Abb. 6-2 zeigt den Verlauf der Außentemperatur im November. Die kühlen Nächte sind, neben den kurzen Tagen, für die Bienen ein Signal, den

Brutbetrieb zu reduzieren oder ganz einzustellen. Ein geeigneter Zeitpunkt für eine Varroabehandlung mit Oxalsäure ist dann 21 Tage oder mehr nach den kühlen Nächten, die noch vorhandene Brut ist bis dahin geschlüpft. [<https://clabremo.de/biene40-wabentemperatur-sensor/>]

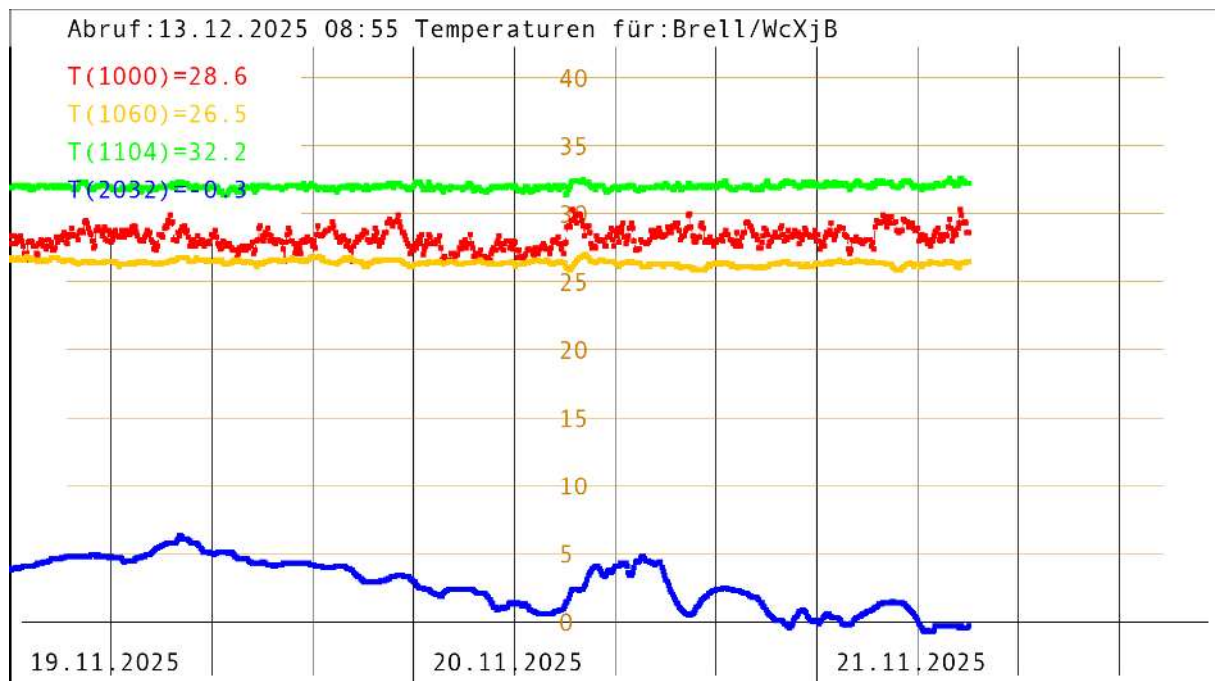


Abb. 6-2: Verlauf der Außentemperatur (blaue Kurve) im November. Dargestellt sind drei ganze Tage, also 72 Stunden. Zu sehen ist, dass die Temperatur nachts auf unter 0°C fällt. Die Temperaturen in der Mitte der Wabe (orange) und am Oberträger (grün) sind relativ konstant. Das deutet darauf hin, dass die Bienen in der Nähe des Sensors noch brüten. Durch zwei kühle Nächte am 20.11.2025 und am 21.11.2025 kann nach 21 Tagen etwa ab dem 11. Dezember mit nahezu Brutfreiheit gerechnet werden.

6.1.3 Temperaturen als Brutindikator

Abb. 6-2 bis 6-4 zeigen Temperaturverläufe über die Zeit auf einer Wabe. Wenn Bienen brüten, bemühen sie sich, die Temperatur im Brutnest auf 35,4°C konstant zu halten. An der Stelle, wo die Bienen sitzen, wird der Temperaturfühler eine im Vergleich zur Außentemperatur relativ konstante Temperatur zeigen. In Abb. 13 ist eine konstante Temperatur am Oberträger zu sehen. Bei niedrigeren Temperaturen entwickeln sich die Bienenpuppen nicht richtig, die Folge können z.B. Durchfallerkrankungen oder Orientierungsschwierigkeiten der Bienen sein. Die Temperatursensoren werden diese Temperatur von 35,4°C nur dann anzeigen, wenn sie sich direkt an oder in einer bebrüteten Wabe befinden. Brüten die Bienen nicht, so wird die Temperatur auf 15°C bis 25°C fallen und zudem mit der Außentemperatur schwanken. Das ist in Abb. 15 zu sehen. Abb. 14 zeigt den sinkenden Temperaturverlauf auf einer Futterwabe, die die Bienen aufgrund der fallenden Außentemperaturen nach und nach verlassen. Die Temperaturfühler werden nicht mehr von "Bienen umspült".

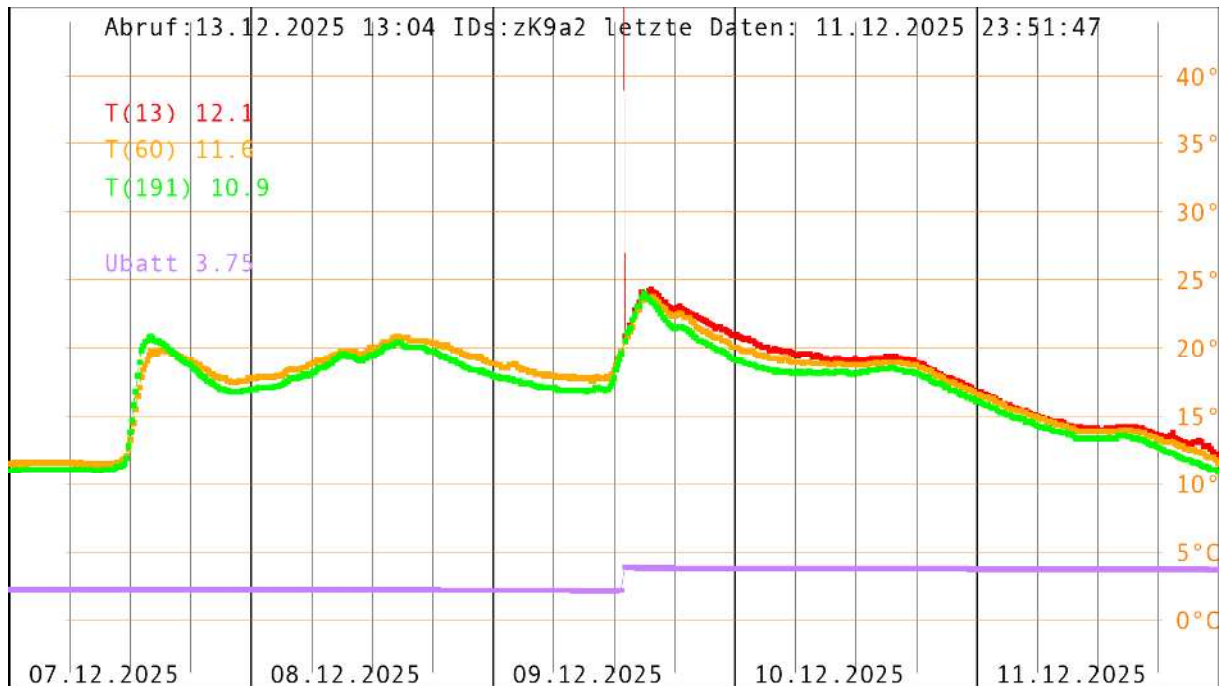


Abb. 6-3: Temperaturverlauf auf einer Wabe in der Futterzarge im Dezember. Zu sehen sind drei Temperaturgänge (rot: Unterträger, orange: Wabenmitte, grün: Oberträger) über einen Zeitraum von vier Tagen. Zwischen zwei vertikalen Teilstrichen vergehen sechs Stunden. Der Sprung in der rosa Kurve resultiert aus einem Batteriewechsel. Die Temperaturen nehmen zum 11.12.2025 auf unter 15°C ab, ein Indiz, dass sich nur noch wenige Bienen auf der Futterwabe befinden und dass sich die Bienen in der unteren Zarge zusammengezogen haben. Damit sitzen sie nicht mehr locker verteilt in der Beute, und eine Träufel-Behandlung scheint effizienter als eine Bedampfung.

6.1.4 Vertikales Temperaturprofil zeigt den Bienensitz an

"Bienen heizen [im Wesentlichen] sich selbst und nicht die [komplette] Beute." (Zitiert nach Pia Aumeier in diversen Imker Schulungen). Obgleich man meint, dass Wärme nach oben steigt, fällt die Temperatur auch oberhalb einer Bientraube in der Beute schnell ab und nähert sich der Außentemperatur an. So ist die Temperatur an der weiter oben befindlichen Futterwabe (Abb. 6-3) durchweg niedriger als auf der Wabe in der Brutzarge (Abb. 6-4). Auf der Wabe in der Brutzarge schwankt die Temperatur am Unterträger (rot) mehr als z.B. am Oberträger (grün). Das ist ein Indikator dafür, dass sich die Bienen eher im mittleren und oberen Bereich auf dieser Wabe aufhalten. Ebenso sinkt die Temperatur auf der darüber befindlichen Futterwabe (Abb. 6-3), es werden sich dort wohl weniger Bienen aufhalten. Insgesamt deutet der vertikale Temperaturverlauf darauf hin, dass die Bienen eng zusammen in der unteren Zarge sitzen. Das wären - in Verbindung mit einer geringen Außentemperatur um die 5°C - gute Voraussetzungen für eine Träufel-Behandlung mit Oxalsäure.

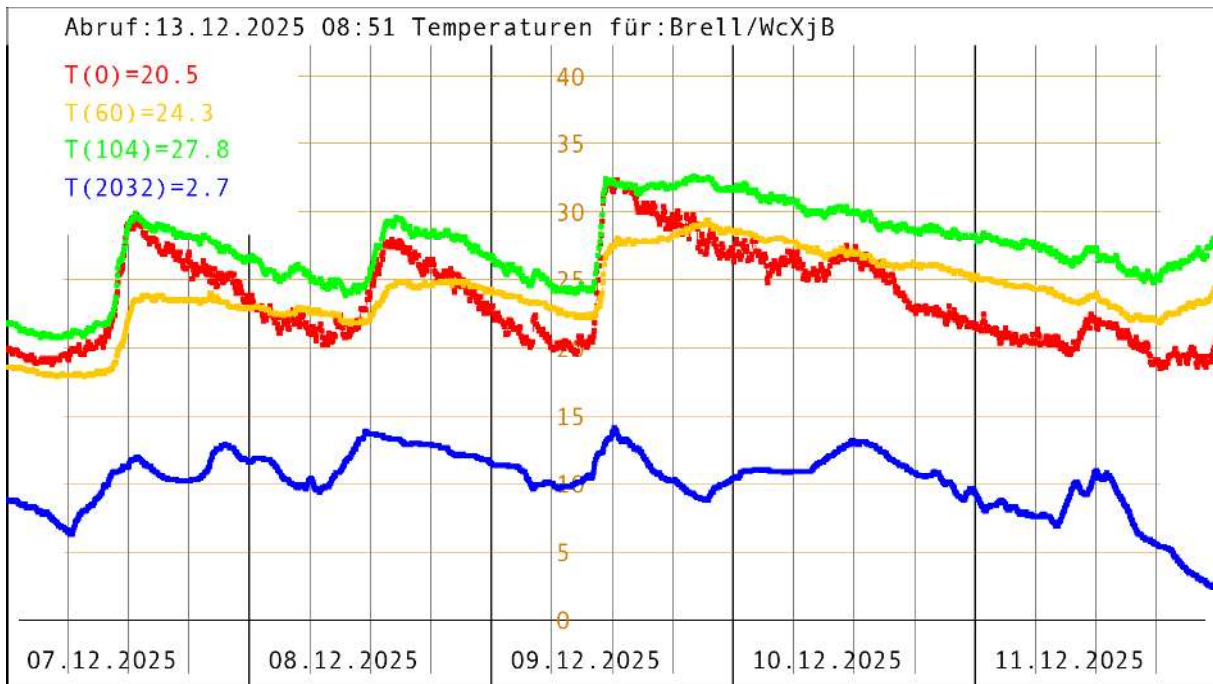


Abb. 6-4: Temperaturverlauf auf einer Wabe in der Brutzarge im Dezember. Dargestellt sind die Außentemperatur (blau) und drei Positionen auf der Wabe (grün: Oberträger, orange: Wabenmitte, rot: Unterträger). Die blaue Kurve (unten im Bild) zeigt die Außentemperatur, die am Abend des 11.12.2025 deutlich unter 5°C fällt und damit eine Indikation für eine Träufel-Behandlung am Folgetag liefert. Die Temperaturen auf der ehemals bebrüteten Wabe schwanken stark mit der Außentemperatur. Das ist ein Indikator, dass das Volk kein ausgedehntes Brutnest mehr hat und mit einem Erfolg einer Oxalsäure-Behandlung zu rechnen ist.



Abb. 6-5: Wetterprognose für den nächsten Tag. Wetterprognosen für die nächsten 24 Stunden haben i.d.R. eine Eintreffens-Quote von bis zu 95%, können also als verlässlich angenommen werden. Die Vorhersage in der Abbildung weist für den kommenden Tag (12.12.2025) eine minimale Temperatur von 6°C und teilweise trockenes Wetter aus. Details der Prognose zeigen eine Temperatur von 7°C zum Zeitpunkt des Sonnenaufgangs. Damit kann in der Frühe mit Oxalsäure geträufelt werden. Bei wärmeren Temperaturen wäre Bedampfen das Verfahren der Wahl.

6.1.5 Temperaturverlauf über die Zeit

Die Außentemperatur fällt nachts auch unter 5°C ab (Abb. 6-4). Die Wettervorhersage für den kommenden Tag (hier Freitag 12.12.2025, Abb. 6-5) prognostiziert für die Zeit um den Sonnenaufgang eine Temperatur von 7°C. Somit wird - nach Indikation der Beuten-Innentemperaturen und der Außentemperatur - eine Oxalsäure-Träufelbehandlung für den 12.12.2025 geplant und durchgeführt.

6.1.6 Rückblick und Erfolgskontrolle

In der Tat war die Temperatur am Freitag 12.12.2025 am Bienenstock mit 6,4°C zum Zeitpunkt des Sonnenaufgangs niedrig. Eine Thermografie-Aufnahme durch die Seitenwand der Beute (Abb. 6-6) am Morgen zeigt den engen Bienenstich wie erwartet. Die Bienen saßen zusammen in der unteren Zarge, eine Träufelbehandlung konnte durchgeführt werden.



Abb. 6-6: Thermografie-Aufnahme der Beute von der Seite. Es ist die Aufnahmesituation und das Display aus der Nähe gezeigt. Zu sehen ist der helle Fleck in der unteren Zarge nahe des Fluglochs. Dort sitzen die Bienen in der Wintertraube.

Eine Kontrolle des Varroafalls (Tab. 1) dieser und zwei weiterer Bienenvölker, die zeitgleich behandelt wurden, zeigt den Erfolg der Oxalsäure-Träufelbehandlung.

Bienenvolk	Träufelmenge	Varroafall vor Behandlung	Varroafall 24 Std. nach Behandlung	Varroafall gesamt nach 11 Tagen
Sensor-Volk, zweizargig Mini Plus Überwinterungssystem Holz	24ml	6 pro Tag	116 pro Tag	465
Volk ohne Sensoren, einzargig, Mini Plus Überwinterungssystem Holz	20ml	1 pro Tag	44 pro Tag	225
Volk ohne Sensoren, zweizargig, Mini Plus Standard Styropor	20ml	1 pro Tag	63 pro Tag	256

Tab. 1: Varroafall bei drei Bienenvölkern drei Tage vor und direkt nach der Oxalsäure-Behandlung

Das Ergebnis zeigt, dass ein Temperaturmonitoring bei der Prozesssteuerung im Varroa-Management hilft. Dabei muss nicht jedes Volk überwacht werden, es genügt, „Zeigervölker“ auszuwählen und das Vorgehen an diesen auszurichten.

6.1.7 Fragen & Antworten zur Temperaturüberwachung für die Varroabehandlung

F: Wie kann der Zeitverlauf der Außentemperatur einen guten Zeitpunkt für die Rest-Entmilbung mit Oxalsäure liefern?

A: Ist die Temperatur ein oder zwei Tage nahe Null Grad, kann nach 21 Tagen mit Brutfreiheit oder deutlich reduzierter Brut gerechnet werden.

F: Wie kann die Temperaturverteilung im Bienenstock Anhaltspunkte für die Wahl des Applikationsverfahrens für Oxalsäure geben?

A: Sprühen erfordert Waben ziehen und sollte im Winter nicht durchgeführt werden. Wenn die Außentemperaturen unter 5°C liegen (und ein enger Bienensitz in der Wintertraube erwartet wird), wird Träufeln empfohlen. Sind die Temperaturen über 8°C (und die Bienen sitzen vermutlich lockerer), kann Verdampfen günstiger sein. Die räumliche Temperaturverteilung in einer Beute ist ein Indiz dafür, ob die Bienen eng beisammen sitzen oder nicht. Eine Thermografie-Aufnahme - bei Styroporbeuten nicht möglich - unterstützt bei der Analyse.

F: Was ist, wenn der Brutwaben-Sensor genau Außentemperatur anzeigt?

A: Vermutlich ist die Wintertraube an eine ganz andere Stelle in der Beute gewandert. Da hilft nur, den Temperatursensor auf eine andere Wabe zu versetzen. Eine weitere, unangenehmere Möglichkeit ist: In der Beute erzeugt nichts mehr Wärme - das Volk ist gestorben. In beiden Fällen sollte man einen Blick zumindest von oben durch die Folie ins Innere werfen.

F: Wenn sich beim Öffnen des Bienenstocks ein kleines Brutnest offenbart, soll trotzdem mit Oxalsäure behandelt werden?

A: Ein kleines Brutnest reduziert die Effizienz der Behandlung zwar etwas, macht sie aber nicht zunichte. Die höchste Effizienz wird bei Brutfreiheit erreicht. Geht das Volk nicht aus der Brut, ist es mit Blick auf die Varroalast im Frühjahr besser, trotz kleinem Brutnest zu behandeln als nicht zu behandeln.

7 Technik für das Bienenstockmonitoring (zum Nachschlagen)

7.1 Sensoren

7.1.1 Temperatur

Sensoren: DS18B20, PT1000

DS18B20 sind kalibrierte digitale Temperatursensoren mit einem 1-Wire-API. Mehrere davon können mit nur drei Anschlusskabeln zusammengeschaltet werden. Sie machen den Messaufbau mit einem Microcontroller besonders einfach, hierzu gibt es sehr viele Anleitungen zum Selbstbau im Internet. Im Projekt Biene40 setzen wir auf diesen Sensor und bringen drei davon in eine lanzenförmige Anordnung für vertikale Temperaturverteilungsmessungen auf Brut- und Honigwaben.

PT1000 sind analoge, Widerstandsbasierte Temperaturfühler. Sie sind preiswert und lassen auch sehr hohe Temperaturen über 100°C zu. Die Kalibrierung muss selbst vorgenommen werden, die Fühler benötigen einen Analog-Digital-Wandler.

7.1.2 Luftschall, Mikrofonie

Sensoren: MEMS-Mikrofone (z. B. INMP441) oder Kondensator-Mikrofone (z.B.) MCE-100

Ein Bienenstock ist für Sensoren eine lebensfeindliche Umgebung. Die Bienen zerstören Kondensator-Mikrofone in wenigen Monaten (Abb.11).



Abb. 7-1: Elektret-Mikrofone, ohne Filz und mit Propolis gefüllt. Bienen zerfressen den Filz auf Elektret-Messmikrofonen. Das kleine Loch in der Metallkappe wird mit Propolis verfüllt. Die Stockluft sorgt für eine rapide Alterung des Mikrofons. Nach vier Monaten im Stock ist ein Elektret-Mikrofon ohne Funktion.

7.1.3 Vibration, Körperschall

Sensoren: ADXL345, MPU6050, piezoelektrische Sensoren

7.1.4 Luftfeuchte

Sensoren: SHT31, BME280, AHT20

7.1.5 Gewicht

Sensoren: Wägezellen + HX711-Verstärker

Der HX711 ist ein preiswerter kombinierter Differenzverstärker und Analog-Digital-Wandler mit einer Auflösung von 24Bit. Er ist für den Anschluss einer Wheatstoneschen Brückenschaltung gedacht.

Die üblichen Wägezellen in Balkenform enthalten vier Dehnungsmessstreifen in Wheatstonescher Brückenschaltung. Sie können direkt an einen HX711 angeschlossen werden.

Flachwägezellen enthalten meist nur eine halbe Brücke. Ein Beschaltung ist in diesem Blogbeitrag aufgezeigt: <https://cbrell.de/blog/waegezellen-fuer-trachtwaagen-technik-und-mathematik/>

7.2 Microcontroller

7.2.1 Raspberry Pi

Der Raspberry Pi ist eine Serie kompakter, kostengünstiger Einplatinencomputer (SBCs), die von der Raspberry Pi Foundation entwickelt wurden. Im Gegensatz zu Mikrocontrollern wie STM32 oder RP2040 bietet der Raspberry Pi eine vollständige Linux-Umgebung, hohe Rechenleistung und umfangreiche Multimedia-Fähigkeiten. Er eignet sich für Bildung, Prototyping, IoT-Gateways, Edge-Computing und viele weitere Anwendungen. Er ist

leistungsfähiger als Mikrocontroller wie ein ESP8266 – eher vergleichbar mit einem kleinen PC.

Bienenstockmonitoring. Im Projekt Biene40 wurde zunächst auf den Raspberry Pi als Controller für das Bienenstock-Monitoring gesetzt. Soundanalysen und auch KI-gestützte Kamerasysteme für die Fluglochbeobachtung können damit vergleichsweise einfach erstellt werden. Ein Linux-System läuft jedoch nicht administrationsfrei über einen längeren Zeitraum, Energiesparen mit dem Raspberry Pi ist schwierig, irgendwann zerstört ein Raspberry die SD-Karte. Für Forschungszwecke am Bienenstock ist der Raspberry Pi hervorragend geeignet, für den Einsatz in der imkerlichen Praxis eher nicht.

Honey-Pi ist Community-Projekt zum Bienenstock-Monitoring mit dem Raspberry Pi. Informationen dazu gibt es unter

<https://honey-pi.de/about-honeypi/>

Ein Beispielimplementierung ist auf den Seiten des Imkervereins Krefeld beschrieben:

[https://imkerverein-krefeld.de/wp-content/uploads/medien/HB Bienenwaage Elektronik final.pdf](https://imkerverein-krefeld.de/wp-content/uploads/medien/HB_Bienenwaage_Elektronik_final.pdf)

7.2.2 Raspberry Pico

Der Raspberry Pi Pico ist ein kompakter, kostengünstiger Mikrocontroller-Board auf Basis des RP2040-Chips, der von der Raspberry Pi Foundation selbst entwickelt wurde. Er richtet sich an Embedded-Entwickler, Maker und Bildungseinrichtungen, die eine flexible, leistungsfähige und gut dokumentierte Plattform suchen.

Bienenstockmonitoring. Aufgrund des Preises, der Ausstattung und der Energiesparmöglichkeiten bietet sich der Raspberry Pico insbesondere für DIY-Projekte zum Bienenstockmonitoring an. Bis zur Fertigstellung dieser Unterlage ist der Raspberry Pico als Bienenstock-Monitoring-Plattform nicht in Erscheinung getreten.

7.2.3 Arduino

Arduino ist keine einzelne Hardware, sondern eine Plattform aus Mikrocontroller-Boards, Entwicklungsumgebung und Bibliotheken. Ziel ist es, Embedded-Programmierung zugänglich zu machen, ohne auf technische Flexibilität zu verzichten. Die bekanntesten Boards basieren auf 8-Bit-AVR-Mikrocontrollern von Microchip (ehemals Atmel), während modernere Varianten 32-Bit-ARM-Cortex-MCUs oder ESP-SoCs nutzen. Seine große Verbreitung fand der Arduino mit dem AVR-Controller Atmega328P-PU. Mit Hilfe dieses auch im DIP-Gehäuse erhältlichen Chips lassen sich Arduino-artige Projekte mit nur einem Baustein auf einem Steckbrett realisieren.

Bienenstock-Monitoring. Erste DIY-Bienenstock-Monitoring-Systeme basierten auf dem Arduino. Es gibt zahlreiche Internetseiten, die z.B. den Aufbau von Bienenstock-Waagen mit dem Arduino beschreiben. Mit dem Beelogger steht seit mehr als 10 Jahren ein Community-Projekt zur Verfügung, das primär auf der Technik des Arduino (AVR Atmega328P-PU) und neuerdings des STM32 basiert.

7.2.4 STM32

Die STM32-Familie von STMicroelectronics umfasst eine große Bandbreite an 32-Bit-ARM-Cortex-M-Mikrocontrollern, die für Embedded-Systeme mit unterschiedlichen Leistungs- und Energieanforderungen entwickelt wurden. Die Produktlinien reichen von ultra-low-power (L-Serie) über Mainstream-MCUs (F-Serie) bis hin zu High-Performance-Varianten (H-Serie).

Bienenstockmonitoring. Mit dem Beelogger steht seit mehr als 10 Jahren ein Community-Projekt zur Verfügung, das primär auf Microcontroller basierend auf ARM Cortex-M0/M0+, M3, M4, M7, M33, Taktfrequenzen je nach Serie von wenigen MHz und der Technik des Arduino (AVR Atmega328P-PU) und neuerdings des STM32 basiert. Im geförderten Projekt AI4Bee wurde ein Board auf Basis des STM32 für KI-gestütztes Monitoring-System entwickelt.

7.2.5 ESP8266 und ESP32

Der ESP8266 ist ein kostengünstiger, kompakter WiFi-fähiger Mikrocontroller, der vor allem durch seine große Verbreitung in IoT-Projekten bekannt wurde. Er kombiniert einen 32-Bit-Prozessor mit integriertem WLAN-Modul bzw. Bluetooth-Modul (ESP32) und eignet sich für vernetzte Sensor- und Steueranwendungen.

Der ESP32 ist der leistungsstärkere Nachfolger des ESP8266 und bietet Dual-Core-Architektur, Bluetooth, mehr Peripherie und deutlich höhere Rechenleistung. Er ist eine der vielseitigen IoT-Plattformen auf dem Markt.

Bienenstock-Monitoring. Zahlreiche private Projekte stellen im Internet ihre Bienenstock-Monitoring-Lösungen auf Basis des ESP8266 (z.B. in Form des ESP D1 min) oder des ESP32 vor. Im Projekt Biene40 wurde, aufgrund der Stabilitätsprobleme des Raspberry Pi und der Nichtverfügbarkeit der AVR-Controller in der Corona-Krise, auf den ESP8266 (ESP-S01 und ESP D1 Mini) gesetzt. Die ESP-Controller lassen die Entwicklung besonders preiswerter, vernetzter Systeme zu.

7.3 Funknetze

7.3.1 Überblick

Ein Funknetz ist ein Netzwerk, bei dem Geräte drahtlos über elektromagnetische Wellen miteinander kommunizieren. Statt Kabeln nutzen sie also „unsichtbare Verbindungen“ durch die Luft. Das ist praktisch für Smartphones, Sensoren, Smart-Home-Geräte, Roboter, IoT-Module und vieles mehr.

7.3.2 Warum gibt es verschiedene Funknetze?

Unterschiedliche Anwendungen haben jeweils andere Anforderungen:

- Manche brauchen hohe Geschwindigkeit (z. B. WLAN)
- Andere brauchen große Reichweite (z. B. LoRaWAN)
- Wieder andere dürfen nur wenig Energie verbrauchen (z. B. Bluetooth Low Energy)
- Manche sollen viele Geräte gleichzeitig verbinden (z. B. Zigbee, Thread)
- Und einige müssen sehr zuverlässig sein (z. B. Mobilfunk)

Es gibt also nicht „das eine beste Funknetz“, sondern spezialisierte Lösungen je nach Anwendungsfall.

7.3.3 Wie funktioniert ein Funknetz grundsätzlich?

Egal ob WLAN, Bluetooth oder LoRa – die Grundidee ist immer gleich:

1. Ein Gerät sendet ein elektromagnetisches Signal. Das Gerät kann ein Router, ein Sensor oder ein Smartphone sein.

2. Das Signal wird als Funkwelle übertragen. Je nach Technologie in unterschiedlichen Frequenzbereichen (z. B. 5 GHz, 2,4 GHz oder 868 MHz bzw. 434 MHz).
3. Ein anderes Gerät empfängt das Signal und wandelt es wieder in Daten um.
4. Geräte sprechen ein gemeinsames „Protokoll“. Damit sie verstehen, wie Nachrichten aufgebaut sind.

Die Frequenz, mit der Funkwellen die Daten transportieren, hat Auswirkung auf den Anwendungsfall. Je höher die Frequenz, desto höher ist die Datenrate, also die Geschwindigkeit, mit der Daten übertragen werden können. Je niedriger die Frequenz, desto weiter kann man Daten bei gleicher Funkleistung übertragen. Das ist wie beim Rundfunk: Bei hohen Frequenzen spricht UKW ist die Sprachverständlichkeit gut, bei Langer Welle, also niedrigen Frequenzen, geht die Reichweite einmal um die Erde, dafür klingt alles dumpf. WLAN mit 5 GHz (Giga Hertz oder 5 Billionen Schwingungen pro Sekunde) kann Videodaten spielend übertragen, reicht aber nicht mal bis in den Garten. „Garagentorfunk“ mit 434 MHz, also einem Zehntel der Frequenz, kommt um Häuserecken und auch ziemlich weit, bei vernünftigen Antennen sind 20 km möglich. LoRaWAN setzt mit 868 MHz auf eher niedrige Funkfrequenzen.

7.3.4 Beispiele für Funknetze

Technologie	Wofür geeignet	Besonderheit
WLAN	Internet, hohe Datenraten	Schnell, aber stromhungrig
Bluetooth / BLE	Wearables, Sensoren	Sehr energiesparend
Zigbee	Smart-Home	Mesh-Netz, viele Geräte
LoRaWAN	IoT-Sensoren über große Distanzen	Kilometerweite Reichweite
Mobilfunk (4G/5G)	Smartphones, IoT-Gateways	Sehr zuverlässig, überall verfügbar
Thread / Matter	Zukunft des Smart-Home	Selbstheilendes Mesh-Netz

Für die Vernetzung im Bienenstockmonitoring werden heute im Schwerpunkt Bluetooth, WLAN, Mobilfunk und LoRaWAN eingesetzt. Die Einbindung in Smart-Home-Systeme geschieht derzeit nur in Einzelfällen.

7.4 Auswahl von Bezugsquellen für Sensoren und Mikrocontroller

Bei folgenden Versendern (beispielhafte Auswahl) können Elektronik-Komponenten für den Aufbau von Bienenstock-Monitoring-Systemen bezogen werden:

Reichelt <https://www.reichelt.de>

Berry Base <https://www.berrybase.de>

Mouser <https://www.mouser.de>

Autor: Prof. Dr . rer. nat. Claus Brell, Obmann für Neue Methoden in der Imkerlichen Bienenhaltung

Lizenz: CC BY NC



Diese Unterlage kann frei und unentgeltlich

1. Zu Schulungszwecken im Imkerverein
2. Zu Forschungszwecken in staatlichen Hochschulen
3. Zu privaten Zwecken

genutzt werden.

Diese Lizenz erlaubt es Nutzern, das Material in beliebigen Medien oder Formaten für nichtkommerzielle Zwecke zu verbreiten, zu bearbeiten, anzupassen und darauf aufzubauen, sofern der Urheber genannt wird.

Zitierung:

Brell, Claus (2026) Sensoren im Bienenstock. Kreisimkerverband Krefeld-Viersen im Imkerverband Rheinland. Version 1.0. online resource <https://kivkv.de>