

BIENE40

Wie geht es meinen Bienen?

Mit einfacher Digitaltechnik
zu vitaleren Völkern

Claus Brell

Hochschule Niederrhein
Institut GEMIT

clabremo GmbH

Bienenland

eurobee 11.11.2023

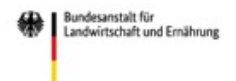


Gefördert durch

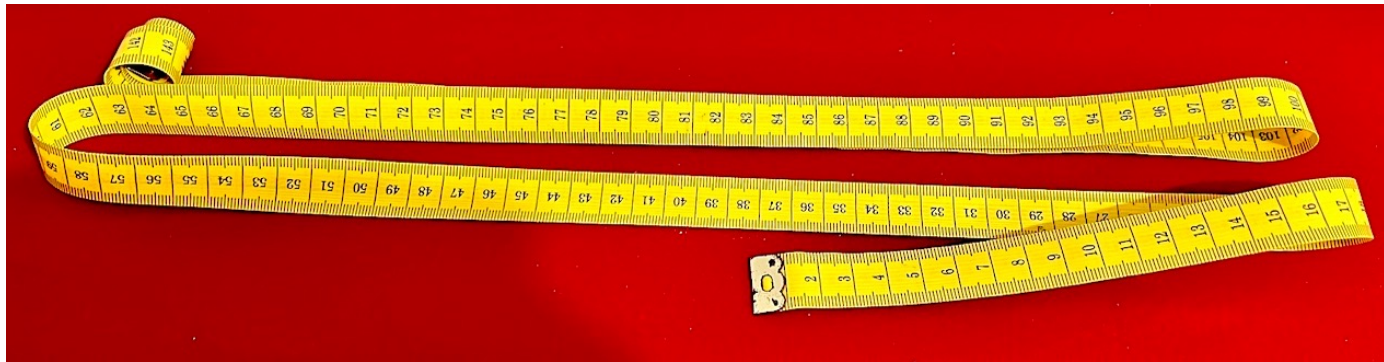


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger



Das Projekt Biene40



Förderziel: Erhöhung der Zahl der Bestäuberinsekten (BMEL)

Projektziel: Besonders *einfache, vernetzte, intelligente Sensortechnik* ermöglicht Imker:innen, mehr über eigene Bienenvölker und deren Umgebung zu erfahren,

a) frei von Hinfahren und und b) frei von Bienenstocköffnen.

Erwartete Ergebnisse:

1. Geringere Mortalität (kein unentdeckter Futtermangel)
2. Höhere Vitalität des Bienenvolkes (geringere Anfälligkeit)
3. Höhere Bienenpopulation (frühzeitige Schwarmerkennung)

Partner:

HS Niederrhein, clabremo (Sensorik), Bienenland (Berufsimkerei)



Wobei kann Digitaltechnik & Sensorik in der Imkerei (grundsätzlich) helfen?

	Temperatur	Gewicht	Sound	Video
Futternvorrat	✓	✓	-	-
Brut	✓	-	?	?
Polleneintrag	-	-	-	✓
Flugbetrieb	-	-	✓	✓
Schwarm	✓	✓	✓	✓
Trachtbeginn	-	✓	?	-
Verdeckelung	???	(✓)	???	-

Legende: ✓:funktioniert, ??? :wird noch untersucht, ? :nicht bekannt, grün: in Biene40

Biene40 Testbienenstände (Bienen und Imker zuerst, dann erst Technik)

Willich 1



Willich 3



Meerbusch



Willich 2



Riffian



Herrenshoff



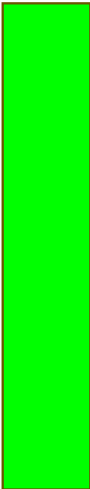


Biene40

I.

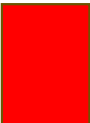
Inhaltliche Ergebnisse & Grundlagen

Ergebnisse – Das geht mit einfachen Temperaturmessungen (in Kombination mit Vibrationsanalysen)

- 
1. Futter wird knapp
 2. Hurra, sie leben noch
 3. Brut oder nicht Brut, das ist hier die Frage
 4. Styro ist wärmer als Holz
 5. Schwarm-Alarm
 6. Den Bienen ist es (zu) warm

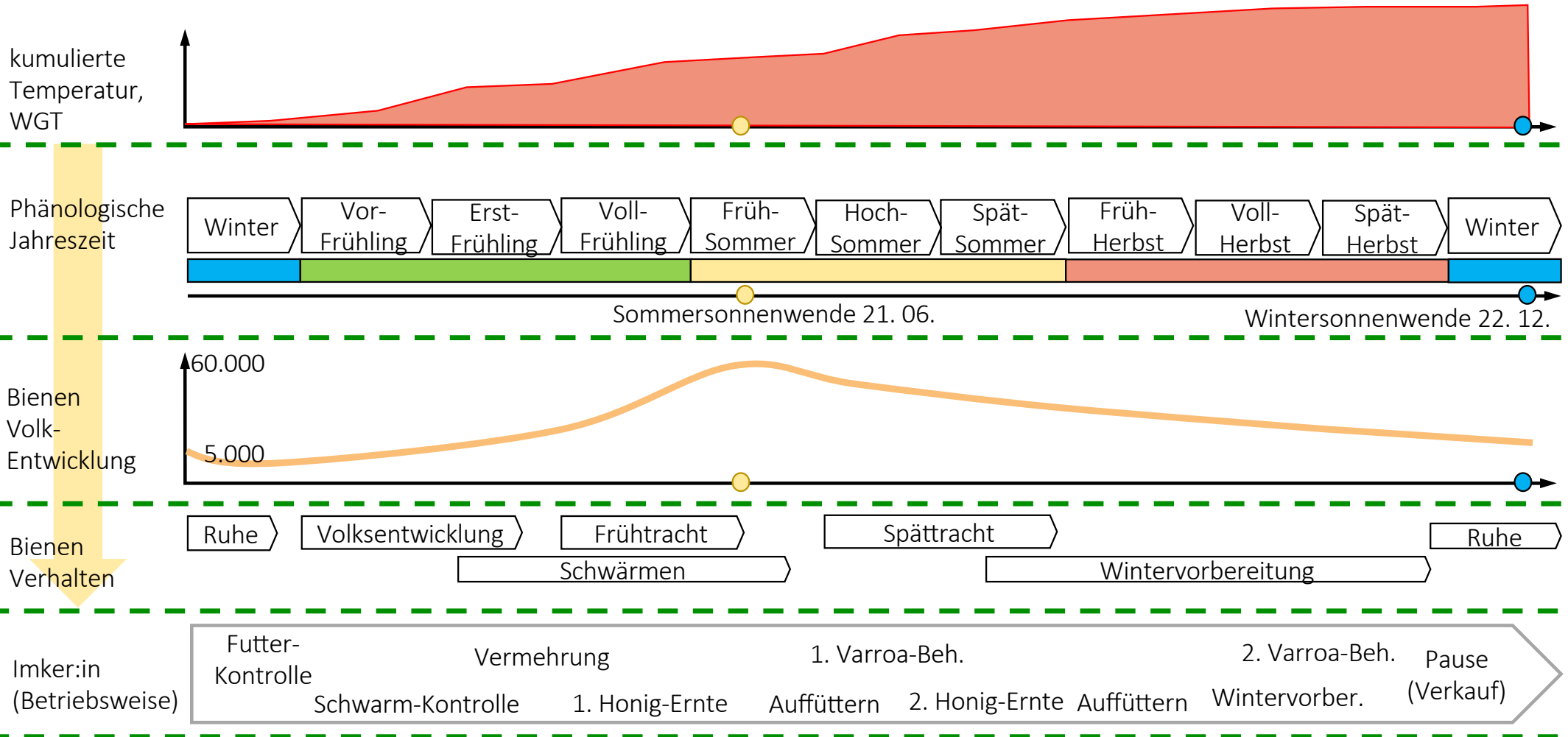


7. Honig ist fertig



8. Noch gestern war die Biene krank, heut' summt sie wieder,
vielen Dank.

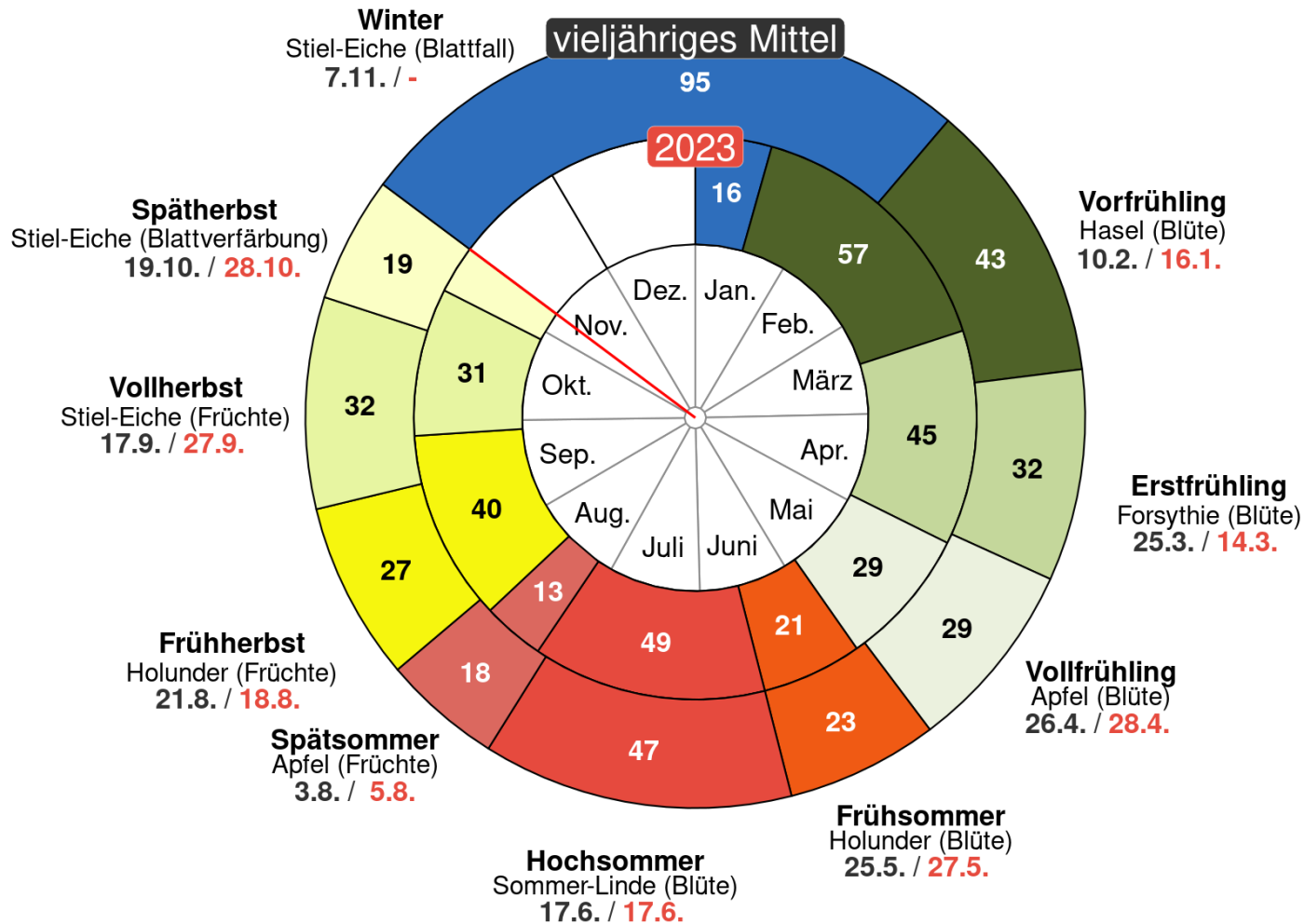
Exkurs: Warum Temperaturen für Bienenvölker und Imker wichtig sind...



Phänologische Jahreszeiten

Beginn und Dauer in Tagen

Deutschland



Exkurs: Erläuterung Phänologischer Kalender

Abb.: Phänologische Uhr,
Quelle: Deutscher Wetterdienst

Statt 4 starrer kalendarischer Jahreszeiten orientiert sich der Phänologische Kalender mit 10 Jahreszeiten an Zeigerpflanzen.

Er spiegelt die Entwicklung der Natur im Jahresverlauf wider.

Im äußeren Ring ist der langjährige mittlere Verlauf der phänologischen Jahreszeiten dargestellt. Zum Vergleich: aktueller Verlauf der phänologischen Jahreszeiten im inneren Ring. Die Dauer einer phänologischen Jahreszeit ist in Tagen angegeben.

Ergebnis 1: Erkennung "Ende des Futtervorrats" im Winter

Diagnose mit vertikalem Temperaturprofil

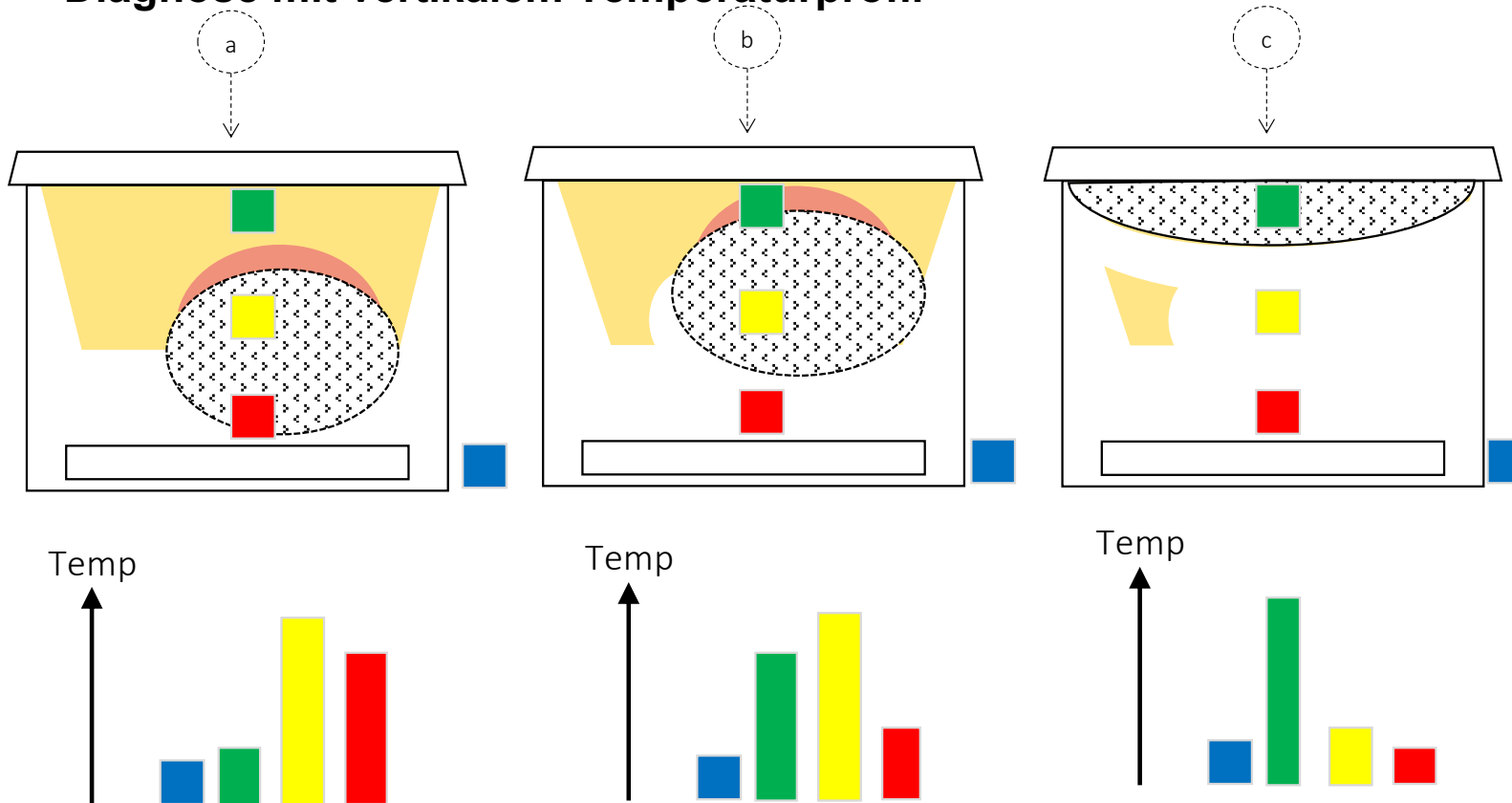
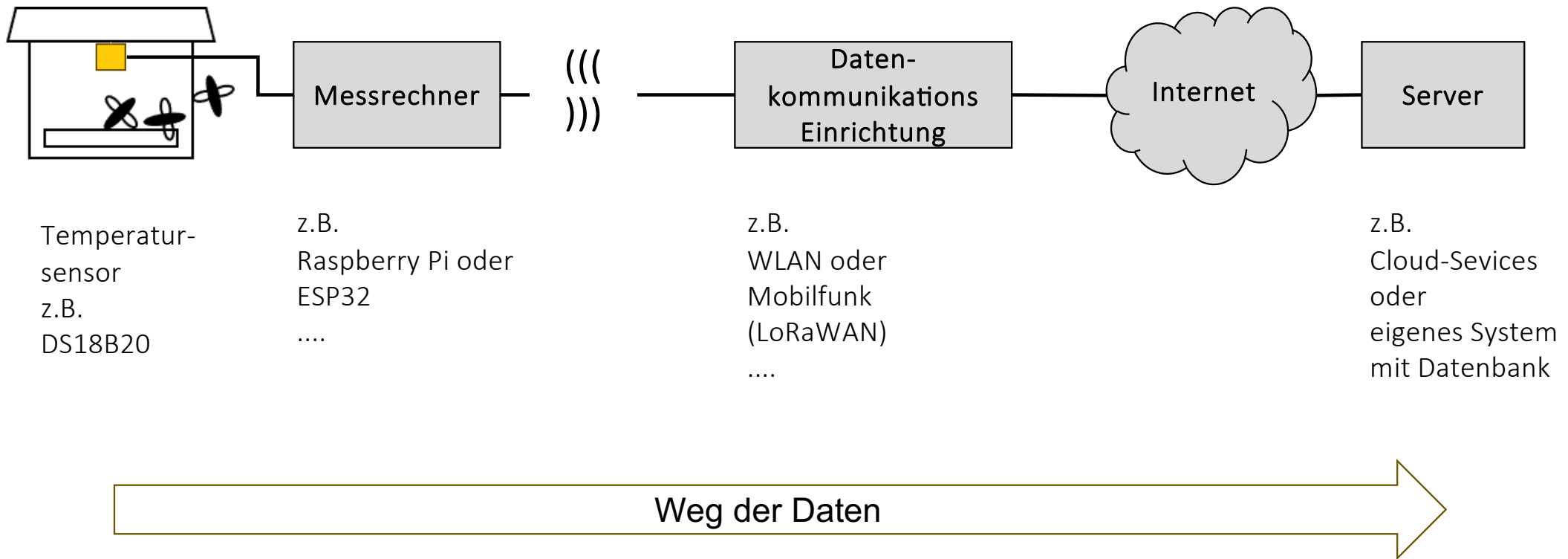


Abb.: Drei vertikal angeordnete Temperatursensoren und ein Außensensor. Indikator für Futtermangel: Temperatursensor am Oberträger zeigt die höchste Temperatur, die anderen Sensoren sind nahe der Außentemperatur. Stark von Innentopologie abhängig. Die Bienentraube wärmt sich und nicht die Beute. Daher 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 dafür, wie weit der Futterverzehr fortgeschritten ist.

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

Exkurs: Wie misst man Temperaturen?



Exkurs: Wie kontrolliert man Temperaturen?

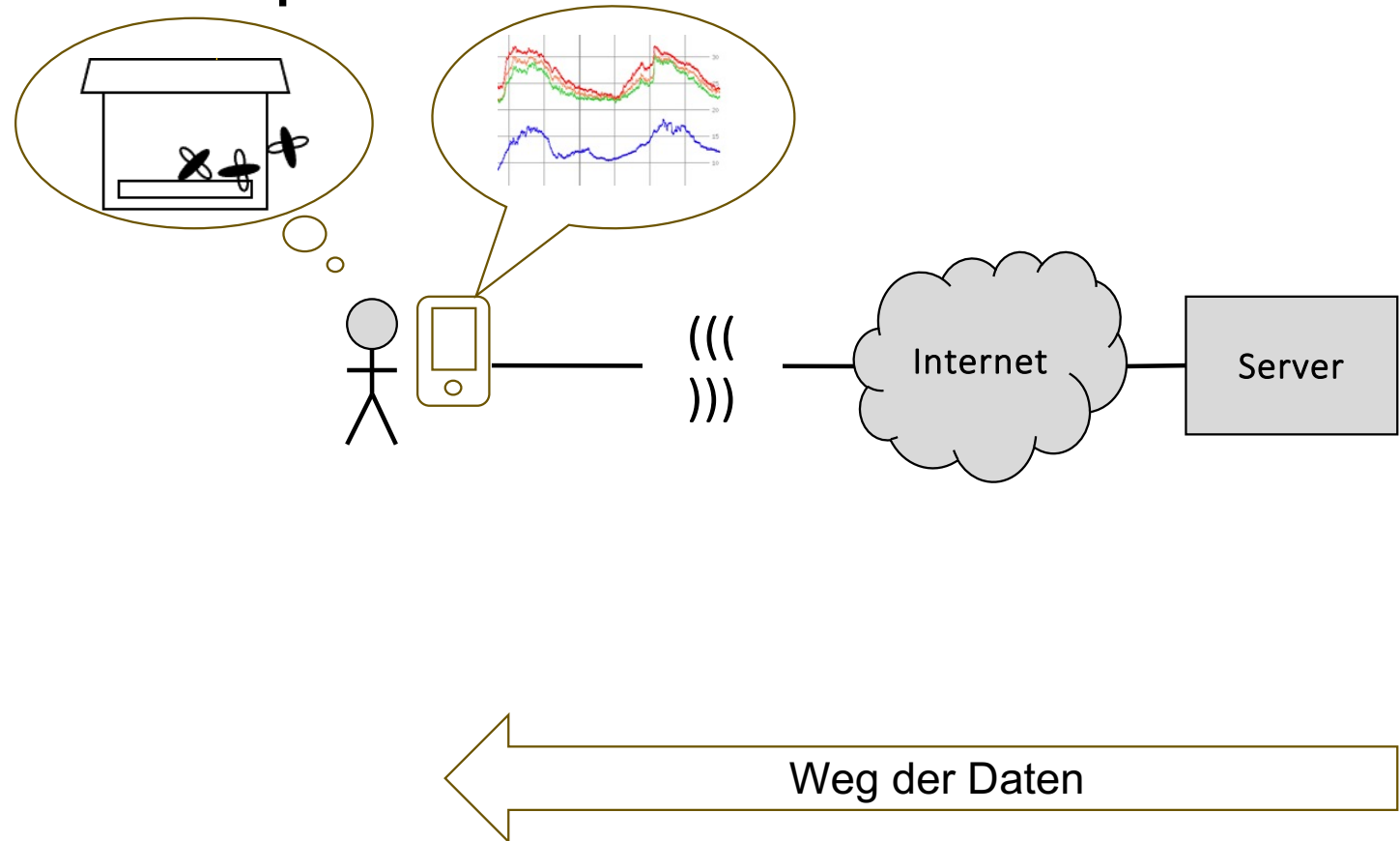


Abb. : Die Daten liegen zeitlich geordnet auf dem Webserver und können tabellarisch oder grafisch aufbereitet jederzeit und an jedem Ort abgerufen werden.

Ergebnis 2: Hurra, sie leben noch

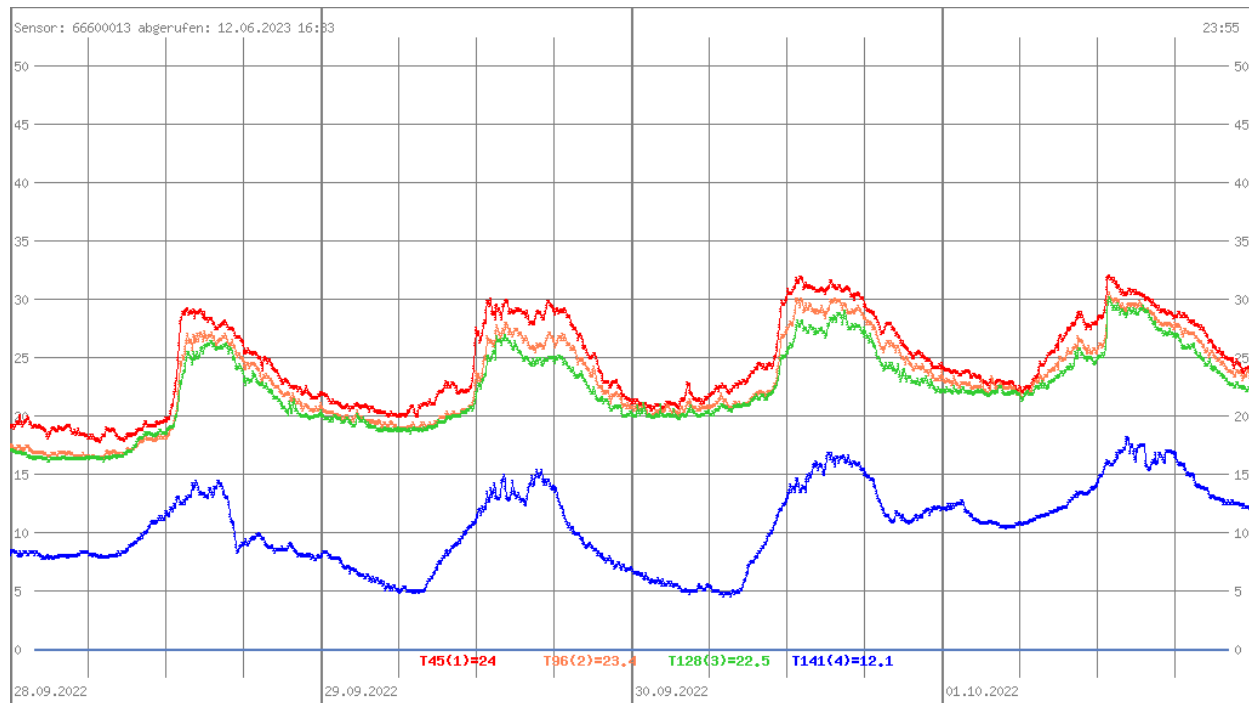


Abb.: Temperaturverlauf über 4 Tage zum Oktober 2022, Ausschnitt des Biene40-Dashboards. Die Temperatur folgt der Außentemperatur (blau), ist aber immer mehr als 5° höher, insbesondere nachts. Folglich lebt etwas in der Beute und erzeugt Wärme. Unten in der Beute (rot) ist es etwas wärmer als am Oberträger (grün).

Ergebnis 3: Brut oder nicht Brut, das ist hier die Frage

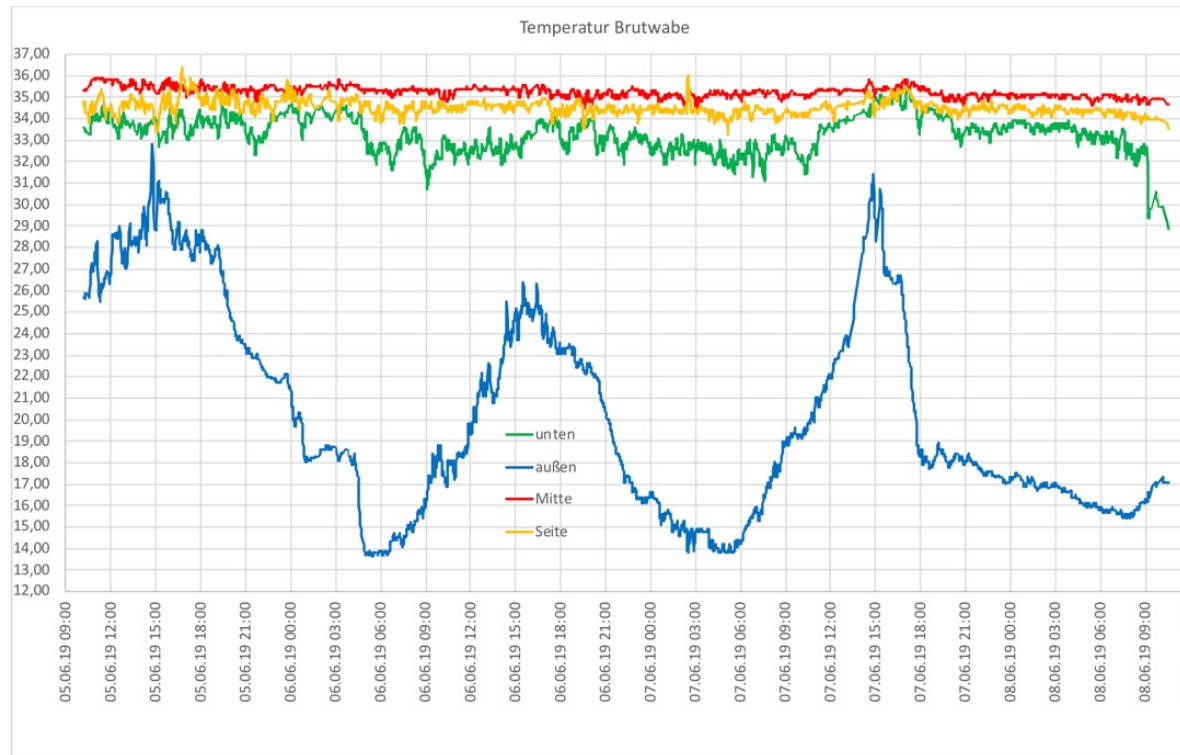


Abb.: Bienen halten die Temperatur mitten im Brutnest konstant (hier rot), auch bei stark schwankender Außentemperatur. Unten und am Rand (Ort für Schwarmzellen) der Wabe ist die Temperatur etwas niedriger.



Abb.: Imkermeister Johann van den Bongard mit einer präparierten Wabe. Hier entstehen Weiselzellen für die Königinnenvermehrung.

Quelle: Brell, Claus (2019) Der Körperwärme des Bienen auf der Spur – Internetgestützte Temperaturanalyse zur Überwachung von Bienenvölkern in: bienen&natur 02.2019, München. S. 18-19.

Klänge aus dem Bienenstock ... Ergänzung der Temperaturbeobachtung mit Sound-Analysen

Sound: Schallereignisse bestehend aus

- a) Luftschall (meist gut hörbar) und
- b) Körperschall (oft unhörbar)

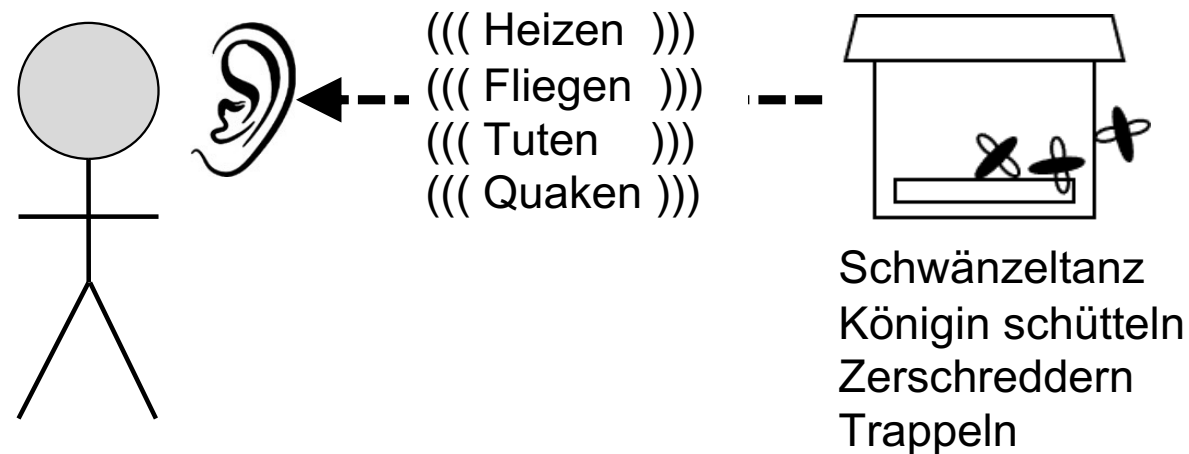
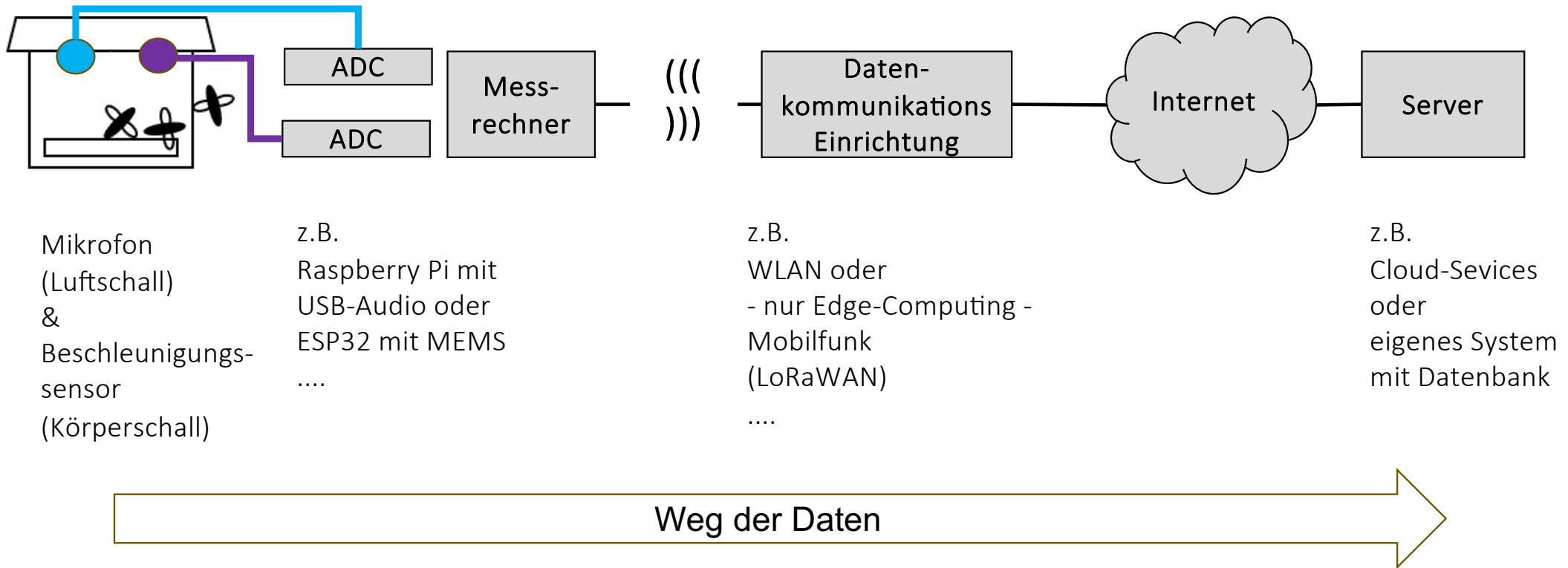


Abb.: Gut hörbare und weniger gut hörbare Schallereignisse im Bienenstock.

Körperschall (Trappeln, Zerschreddern) und niederfrequenter Schall (Schwänzelbewegung) können ohne Hilfsmittel kaum wahrgenommen werden.

Exkurs: Wie detektiert man Sound?



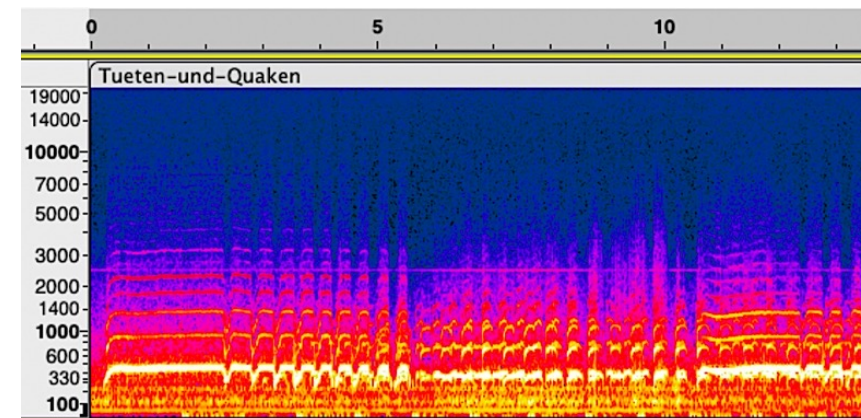
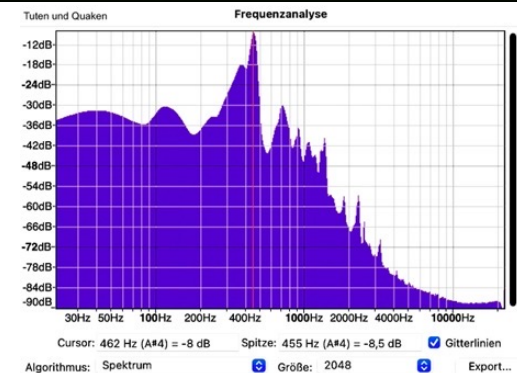
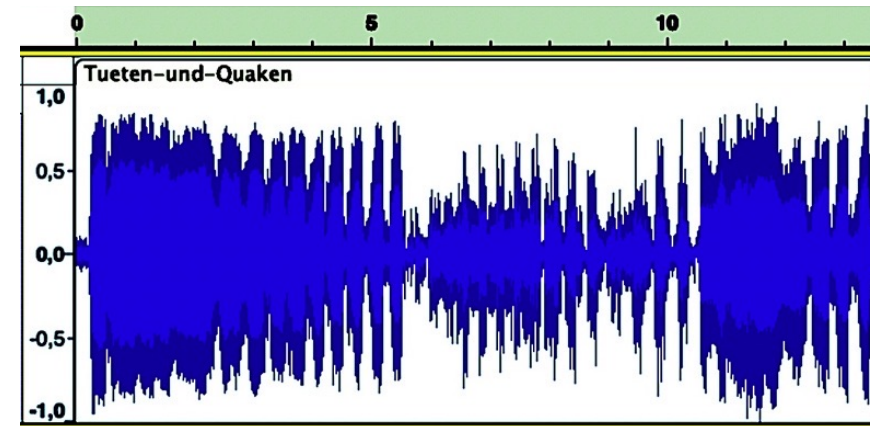
Exkurs: Wie funktionieren Soundanalysen?

Visualisierung des Soundgeschehens

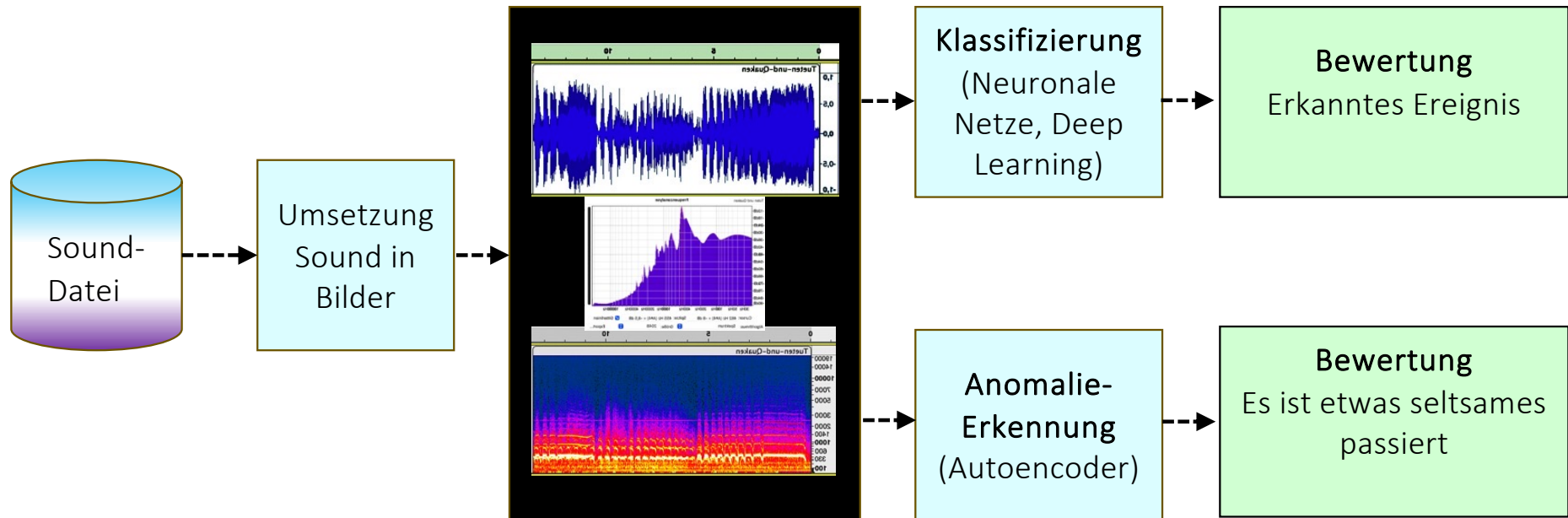
1. Amplitude (Lautstärke) über die Zeit auftragen
Fragestellung: kontinuierlich oder Peaks?

2. Spektrum:
Amplitude über die Frequenz (Tonhöhe) auftragen
Fragestellung: dominierende Frequenz?

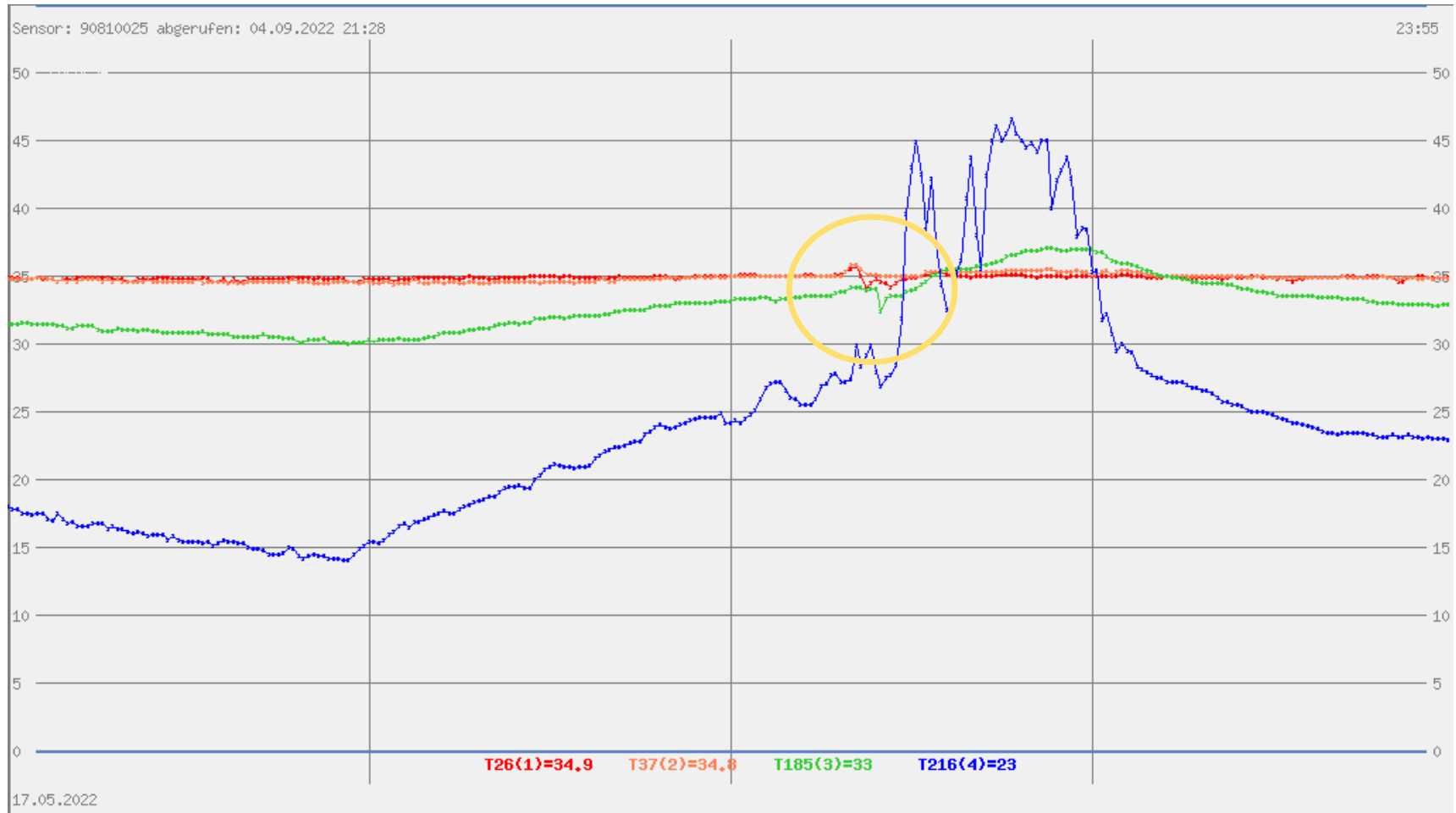
3. Kombiniert (Spektrogramm)
Frequenz (Tonhöhe) über die Zeit auftragen.
y-Achse: Tonhöhe, Helligkeit: Amplitude der Frequenz
Fragestellung: Wann welche Tonhöhe?



Exkurs: Wie funktioniert Sounderkennung und KI?



Ergebnis 5: Schwarm Alarm - Temperaturverlauf



Eregebnis 5: Schwarm Alarm - Alarmsignal

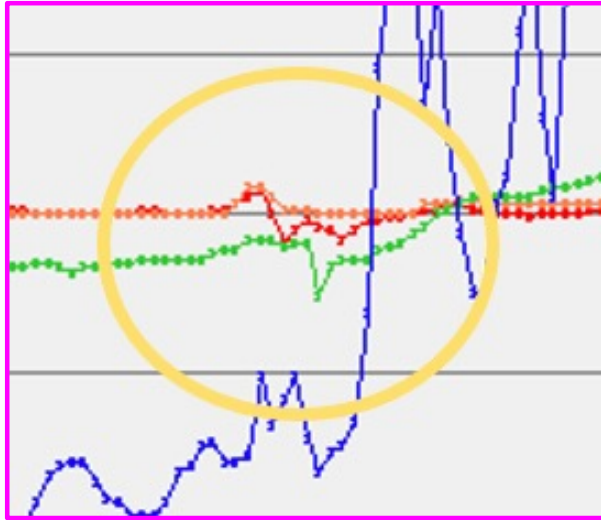


Abb. : Temperatursignatur kurz vor dem Auszug des Schwarms.

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.

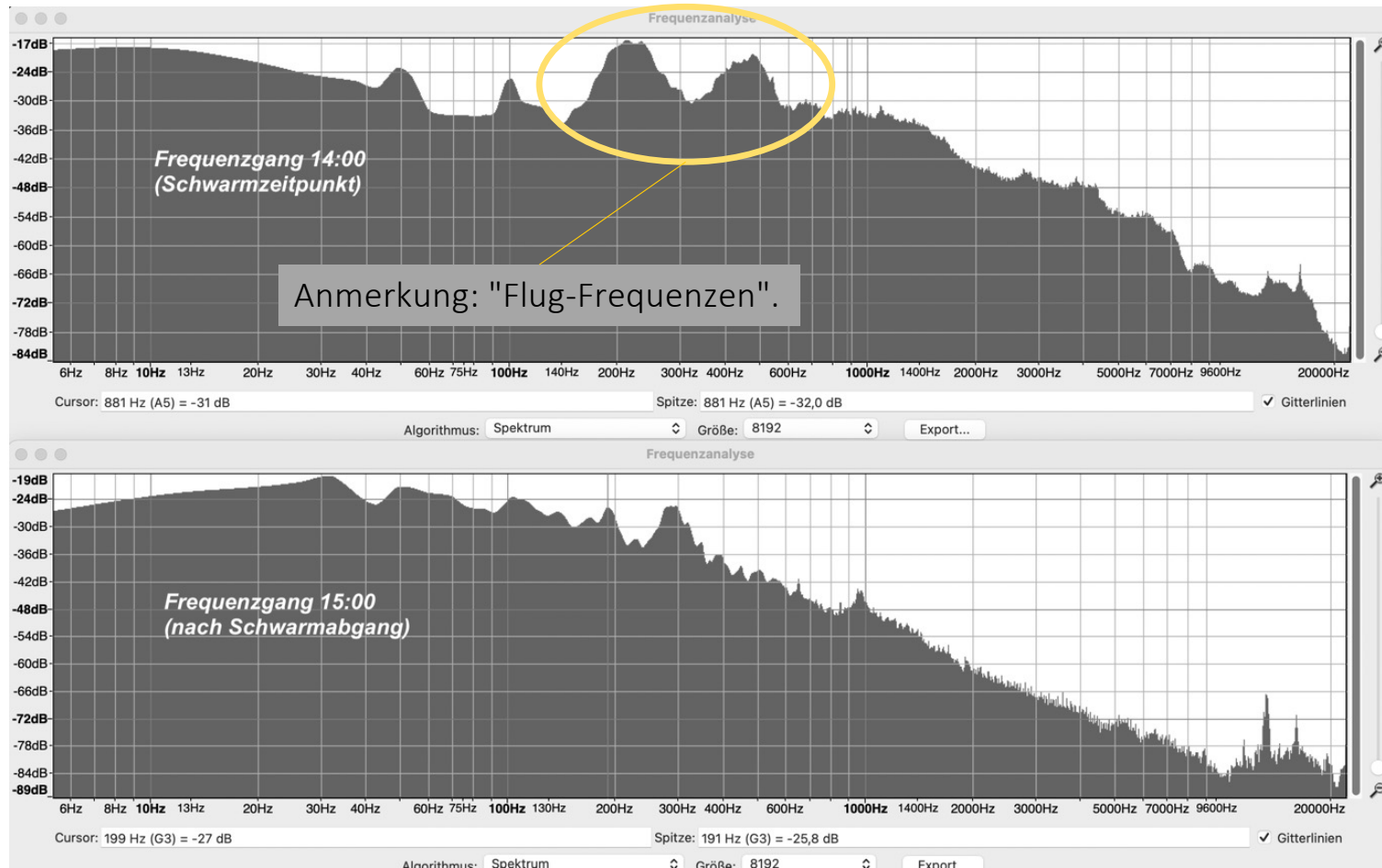
Die verbleibenden Bienen nehmen sofort wieder die Temperaturregulation der verdeckelten Brut auf.

Weitere Untersuchungen dazu:

Xiangjie Zhu, Xiongzhao Wen, Shujing Zhou, Xinjian Xu, Li Zhou & Bingfeng Zhou (2019) The temperature increase at one position in the colony can predict honey bee swarming (*Apis cerana*), *Journal of Apicultural Research*, 58:4, 489-491, DOI: 10.1080/00218839.2019.1632149

Zacepins, A., Kvišis, A., Stalidzans, E., Liepniece, M., & Meitalovs, J. (2016). Remote detection of the swarming of honey bee colonies by single-point temperature monitoring. *Biosystems Engineering*, 148, 76–80. doi:10.1016/j.biosystem-seng.2016.05.012

Ergebnis 5: Schwarm-Alarm Soundanalyse Schwarmakt, Spektren



Zwischenstop: Info-Stand & Ergebnisseite

Infostand:
Bienstocksimulator
 zum Anfassen.
Konzeptblätter
 zum Mitnehmen.
Menschen
zum Diskutieren



Alle Ergebnisse,
 Veröffentlichungen,
 Videos,
 auf einer Seite
zum Nachlesen
<http://bieneviernull.de/ergebnisse>



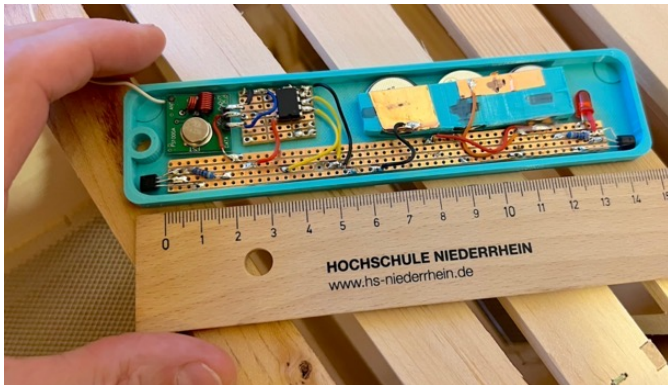


Biene40

II.

Technische Ergebnisse

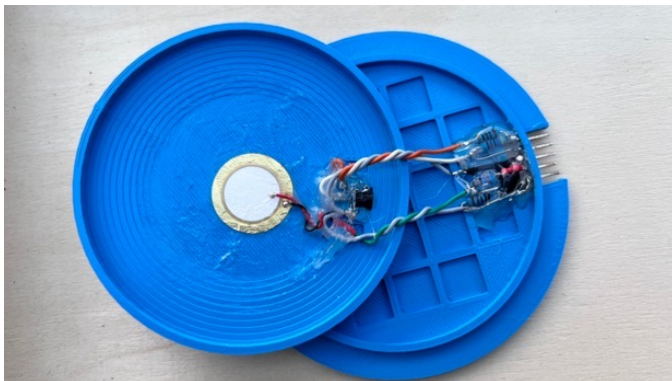
Prototypen (Funksensor, Kombisensor)



Funksender zur Auflage auf den Oberträger

funktioniert grundsätzlich, hält den beespace ein, Batterie hält ewig ...
aber: Funkverbindung unzuverlässig,
insbesondere bei Blechdeckel
wenig "Stockmeißelverträglich"

Abb. oben: Funksender komplett mit zwei Temperatursensoren in 3D-Druck-Hülle. Der Sender passt auch vertikal in Mini Plus.

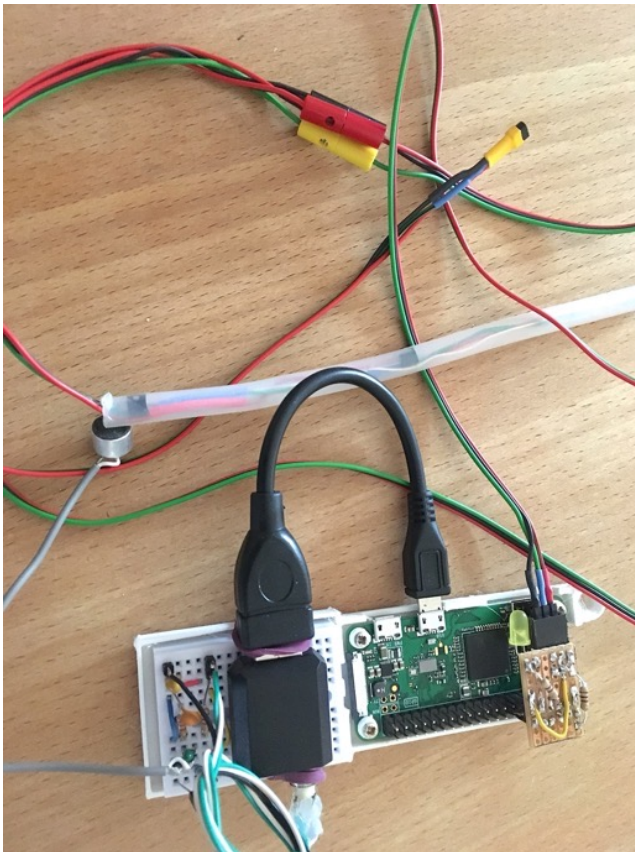


Kombisensor zum Einbau in Beutendeckel oder Varroa-Windel

funktioniert gut, ggf. Stockmeißel-geeignet, hält
Säurebehandlung aus
aber: Kabel am Bienenstock

Abb. unten: Kombisensor mit Elektronik in 3D-Druck-Einsatz. Der Sender passt bündig in Beutendeckel.

Protoypen (für Forschung und Selbstbau)



Sound- und Temperatur im Bienenstock

Controller:

Raspberry Pi Zero W

Standard USB-Audio-DAC

Für Mobilfunk mit SIM800L (dann keine Sounddateien)

Sensoren:

Kondensatormikrofon MCE101 in PE-Tüte auf dem Oberträger

Drei Temperatursensoren in Silikonschlauch

alternativ: Kombisensor

Ein Temperatursensor offen (für das Flugloch)

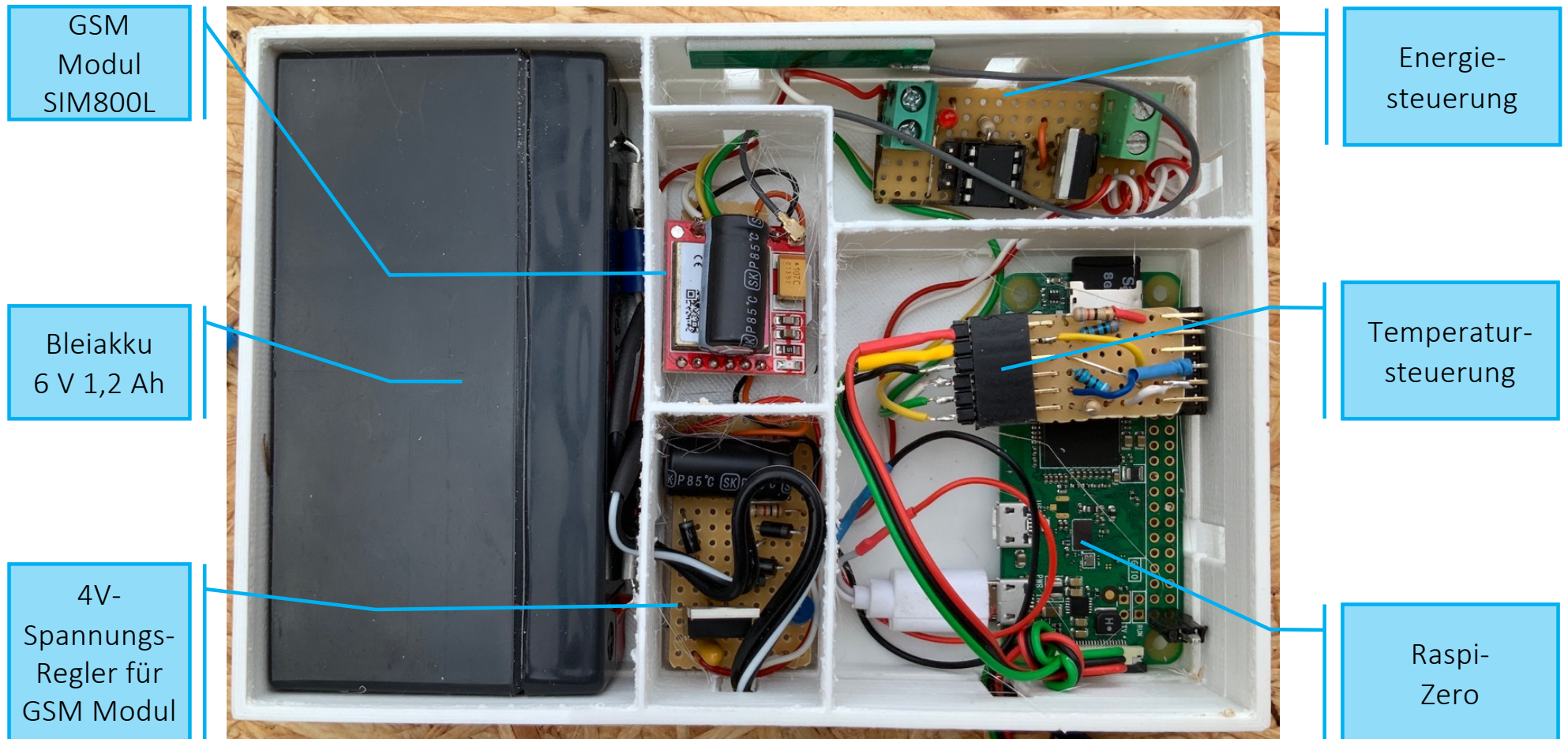
Programmierung:

shell, cron, Python

Einschränkungen:

Kabel in Brutraum, SD-Karten-Pflege

Testaufbau Mobilfunktechnik im 3D-Druck-Setzkasten



Protoypen (für Markteinführung vorgesehen)



Bienenstocksimulator

geeignet für: Demo-Stände / Messen, Vereine, Demonstrator für Drittmittelwerbung.

enthält:

- Mit Sensortechnik versehene Fotobeute auf Basis des Mini Plus Beutensystems
- Vibrationssensoren, Schallsensoren und Temperatursensoren im Deckel
- Vibrationssensor im Fluglochkeil
- kombinierter Sensor in einem Rähmchen
- künstliche Wintertraube, kann vibrieren und heizen

geplant:

- akustischer Bientanz-Simulator
- Schwarmsimulator (heizen, Vibrieren, tuten&quaken)

Einsatztests:

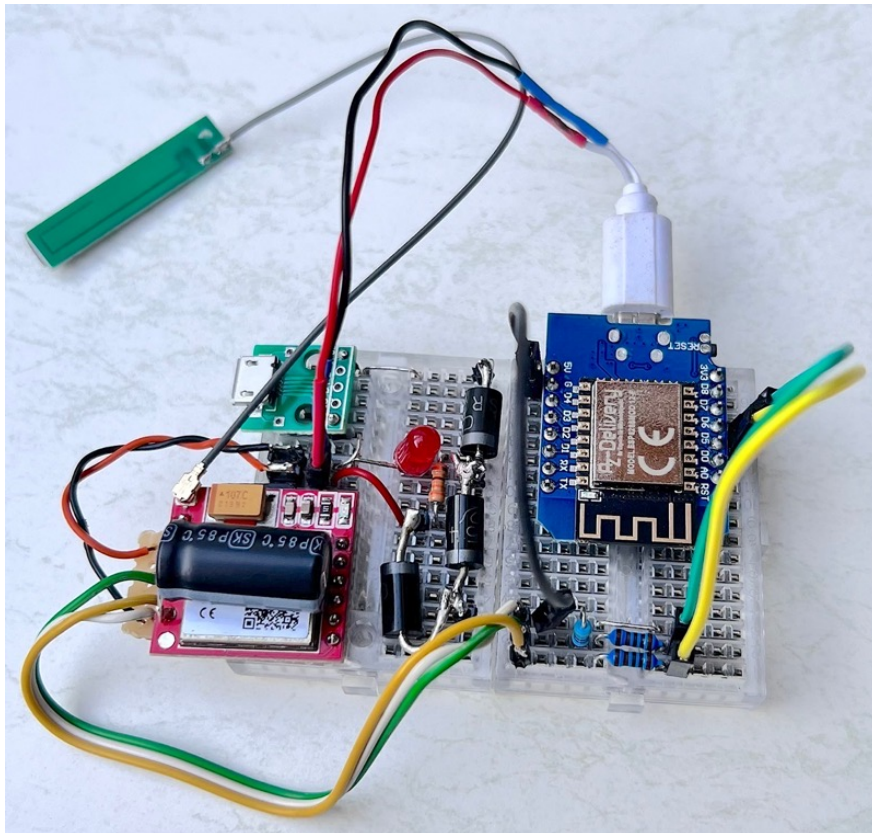
- Heimspiel Willich (09.2023)
- 34. Mayener Vortragsreihe (10.2023)
- Blauhaustalk (11.2023),
- Eurobee (11.2023)
- geplant: Umwelttag Kleve (01.2024), Apisticus Tag (02.2024), Pi&More (04.2024)

Protoypen (für Markteinführung vorgesehen)



Abb.: Bauform in zwei Materialausprägungen Holz oder Kunststoff.
Erfordert derzeit ein Kabel aus dem Brutraum heraus.
Kann in Kombination mit der Selbstbau-Raspberry-Lösung oder aber
der Microcontroller-Lösung betrieben werden.

Prototypen (für Markteinführung vorgesehen)



WLAN-Temperatur- und Vibrationssensor auf Basis ESP8266

geeignet für:

- ... Stände, die im eigenen Garten aufgebaut sind.
- ... Stände, die aus anderen Gründen WLAN haben.

Mobilfunk-Temperatur- und Vibrationssensor auf Basis ESP8266

geeignet für:

- alle Stände, die irgendeine Mobilfunk-Ausleuchtung haben.

Protoypen (für Markteinführung vorgesehen)



"Intelligenter Fluglochkeil"

geeignet für: quantitative Aktivitätserkennung am Flugloch, Flugbetrieb, Anflug, Abflug über Dopplereffekt, Aussperrung von Mäusen (Kollateralnutzen)

Biene40 Schulungskonzept

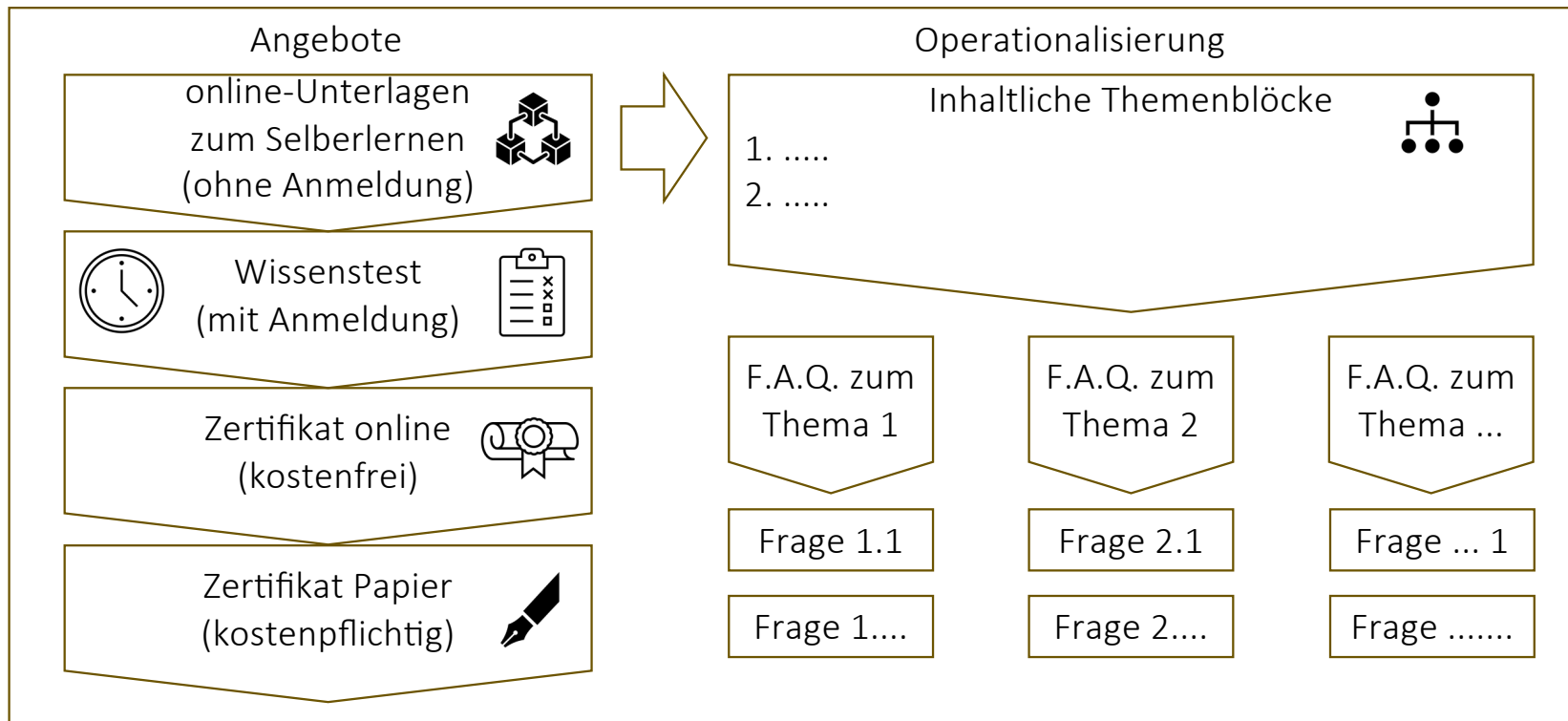


Abb. : *Schulungskonzept zur Digitalisierung der Bienenhaltung. Grundsätzlich ist die Schulung als Selbstlerneinheit mit einem Wissenstest konzipiert. Die Selbstlerneinheit deckt wesentliche Digitalisierungsthemen ab. Die inhaltlichen Themenblöcke sind als Übersichtsseite (Linkliste) gefasst. Die Substruktur ist – wie eine F.A.Q. – in Fragen organisiert. Zu jeder Frage gibt es einen eigenen kurzen Beitrag. Der Wissenstest ist ein MC-Test, 30 zufällig ausgewählte Items mit Einfachauswahl und vier Distraktoren. Ab 80% (24 richtigen Antworten) gilt der Test als bestanden, es gibt ein personalisiertes Online Zertifikat (kostenfrei). Ein Papierzertifikat gibt es gegen Gebühr.*

Weiter gehts: Info-Stand & Ergebnisseite

Infostand:
Bienstocksimulator
 zum Anfassen.
Konzeptblätter
 zum Mitnehmen.
Menschen
zum Diskutieren



Alle Ergebnisse,
 Veröffentlichungen,
 Videos,
 auf einer Seite
zum Nachlesen
<http://bieneviernull.de/ergebnisse>



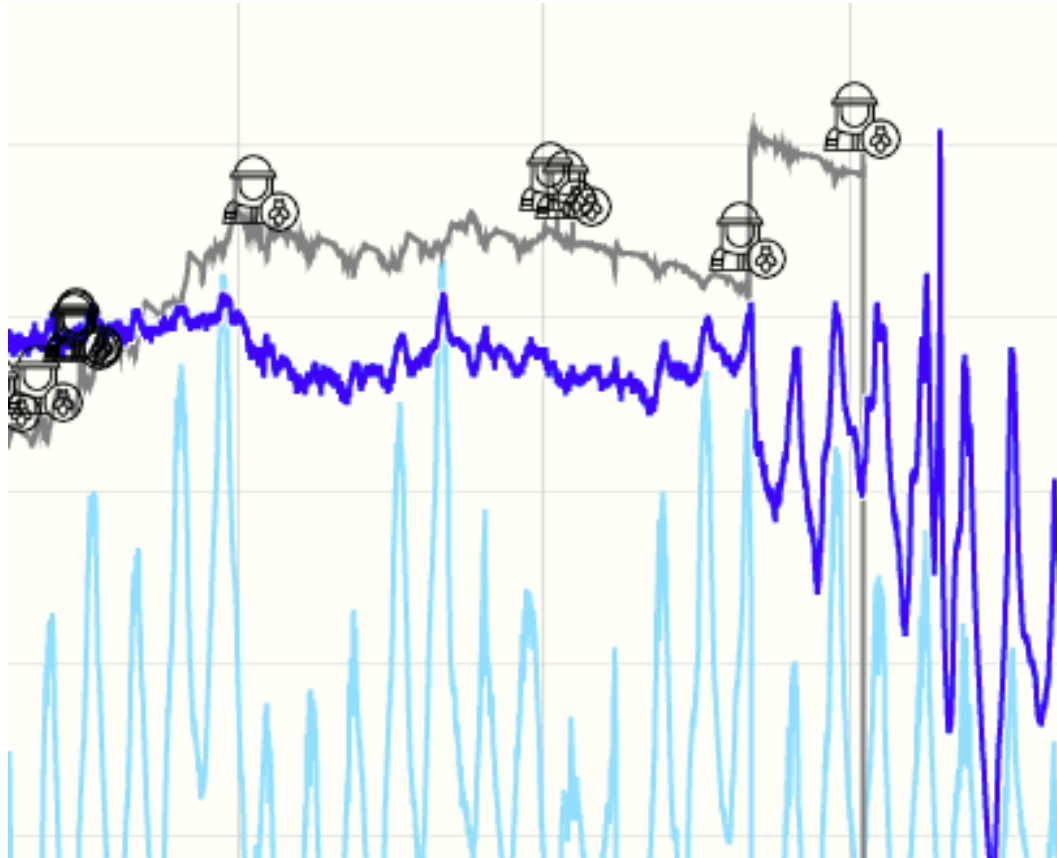
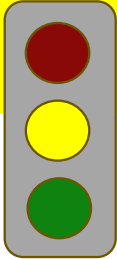


Biene40

Zugabe

**... was alles nicht
funktioniert ...**

7. "Honig ist fertig" (Vermutung, Messung mit beelogger 2022)



Gewicht (grau)

Innentemperatur (Oberträger Brutraum, dunkelblau)

Außentemperatur (hellblau)

Beobachtung:

Wenn Honig reif ist (verdeckelt), dann sinkt die Innentemperatur nachts.

Effekt sollte größer sein am Oberträger Honigraum.
(Test in 2023)

"Honig ist fertig" (Konzept Messung)

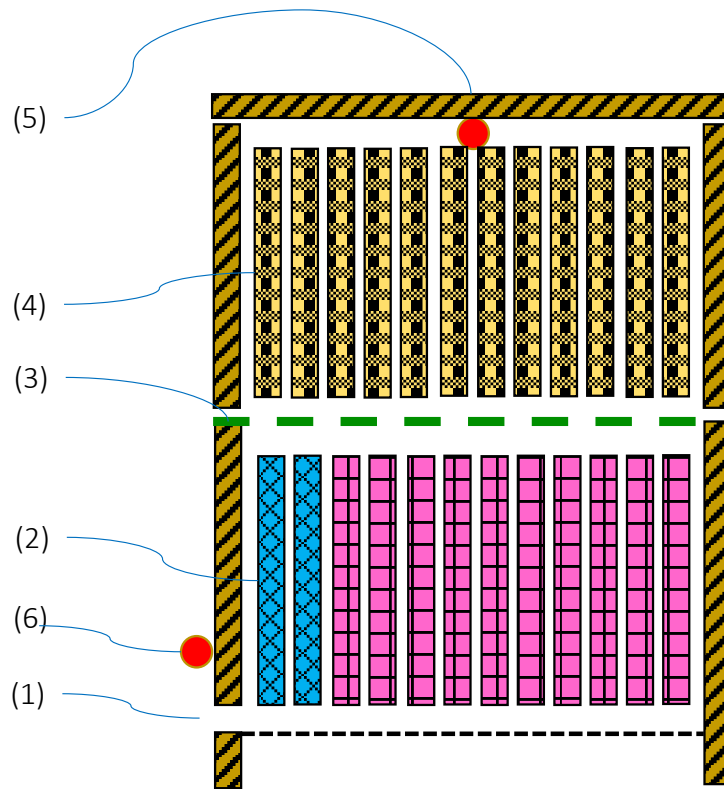


Abb. : Schematische Darstellung
Magazinbeute mit überwachtem
Honigraum

- (1) Flugloch
- (2) Baurahmen (für Drohnenbrut)
- (3) Absperrgitter)
- (4) Honigwaben
- (5) Innen Temperatursensor
Oberträger Honigraum
- (6) Außen
Temperatursensorsensor

"Honigarbeit" der Bienen beobachten mit Temperatursensoren

35



Abb.: Honigräume (braun) auf Dadant (Holz) und Zander-Kombi (Styropor) Bruträumen.

"Honigarbeit" der Bienen beobachten mit Temperatursensoren

Vergleich morgens und abends, Holz und Styrodeckel

lfd. Nr	Material	Temperatur 7:00	Temperatur 20:00
1	Holz	32,0	32,4
2	Holz	33,9	32,8
3	Holz	22,3	28,8
4 (Funk)	Holz	26,3	31,3
5 (Funk)	Holz	29,1	31,3
6 (Funk)	Holz	31,8	32,3
7 (Funk)	Styro	30,4	34,4
8 (Funk)	Styro	30,4	30,0
9	Styro	32,5	33,5
10	Styro	32,0	32,6
11	Styro	30,5	31,8

"Honigarbeit" der Bienen beobachten mit Temperatursensoren Dadant Testvolk

37

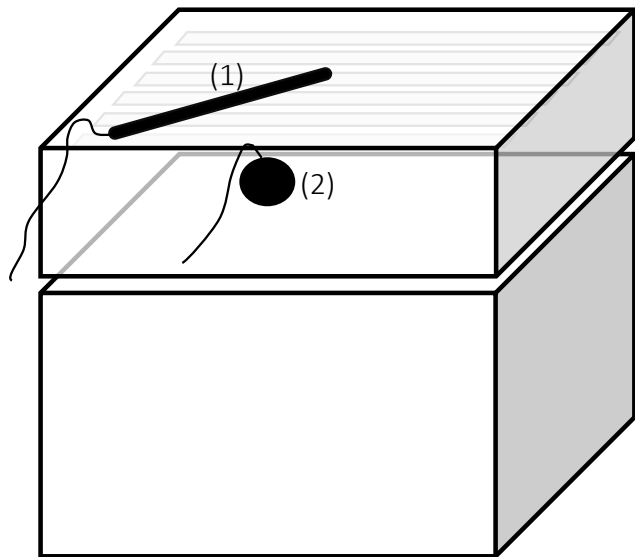
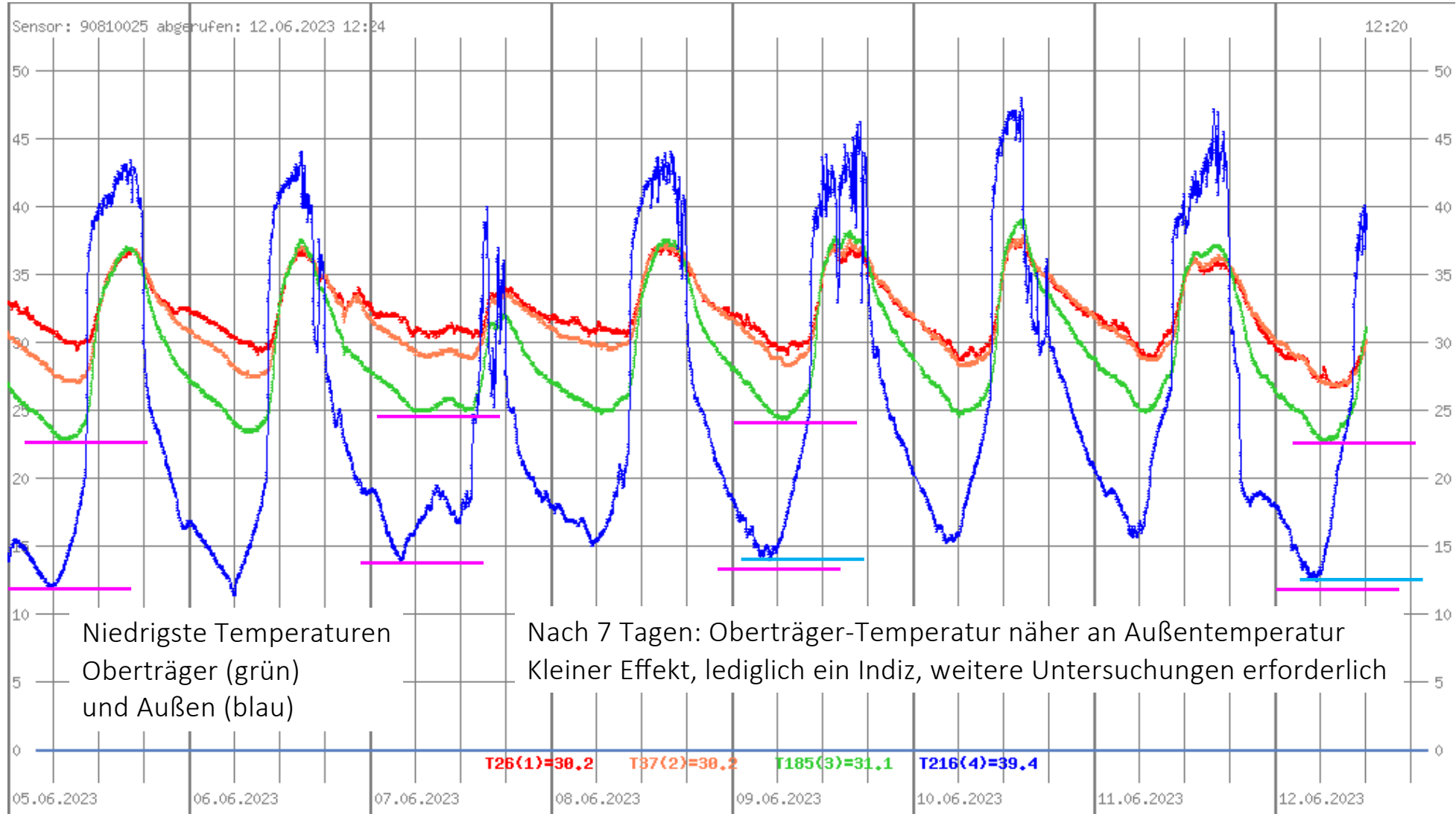


Abb.: Prinzipskizze (links) und Fotos des Aufbaus (rechts). Der Temperatursensor ist in Lanzenform ausgebildet und liegt diagonal von der linken hinteren Ecke zur Honigraummitte auf dem Oberträger. Ein Mikrofon hängt hinten zwischen hinterer Beutenwand und hinterem Rähmchen im Honigraum.

Honig ist fertig? Temperaturmessungen noch nicht eindeutig.



7. Honig ist fertig? Vibrationsanalysen möglicherweise aussichtsreich

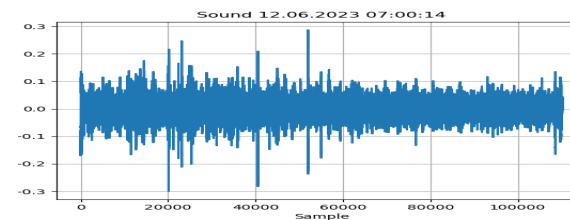
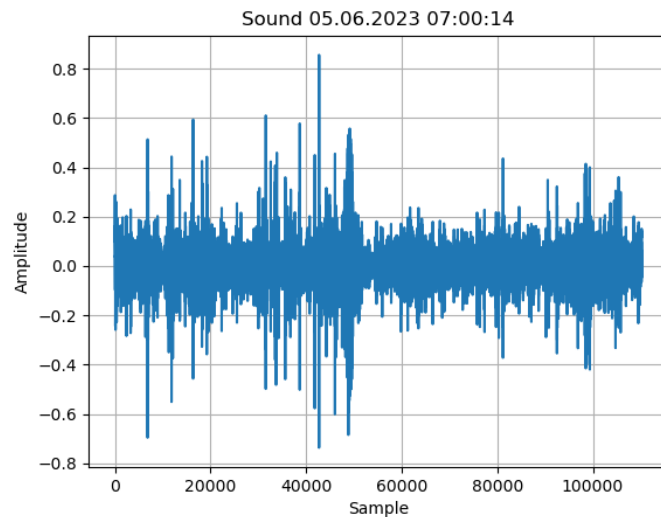
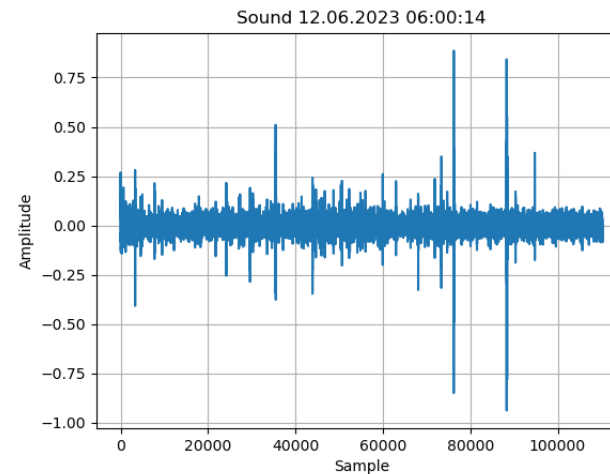
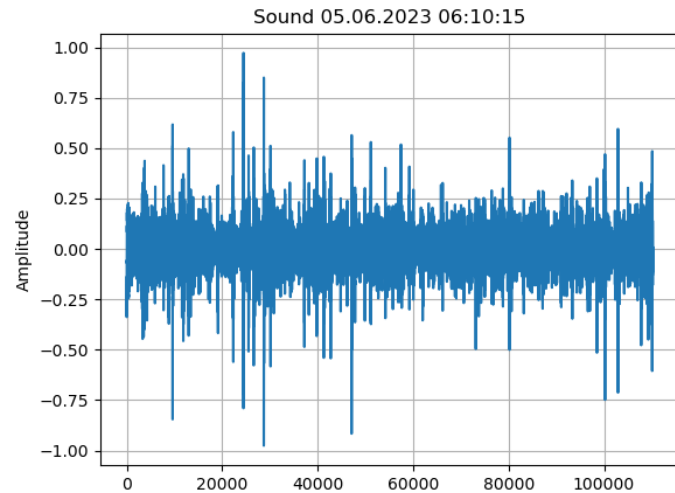
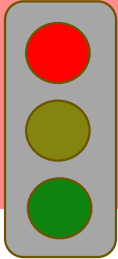


Abb.: Amplitudengänge der Vibrationssensoren zum jeweils kühelsten Zeitpunkt (6 Uhr (oben) bzw. 7 Uhr (unten)) Zu sehen ist: Die Amplitude ist nach sieben Tagen (rechts) etwas niedriger – ein Indiz dafür, dass weniger Bienen in der Nähe des Vibrationssensors arbeiten.



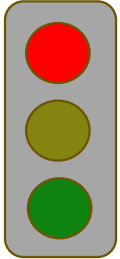
8. Noch gestern war die Biene krank, heut' summt sie wieder, vielen Dank.

Bislang **keinen direkten Zusammenhang zwischen Temperaturverlauf oder Temperaturprofil und z.B. Varroa-Befall** gefunden.

Einige Krankheiten (AFB) wurden nicht beobachtet, andere Erkrankungen (Durchfall) gingen im Temperaturrauschen unter.

Das wird (in Biene40) derzeit nicht als erfolgversprechend gesehen.



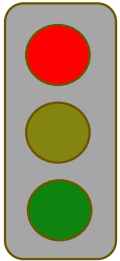


Bienen zerstören Sensoren – Kabelfraß und Propolisattacke



Abb.: Sensoren in der Beute, mit Propolis überzogen.

Bienen zerfressen zudem Isolierungen und Schrumpfschlauch. Weichmacher aus PVC-Isolierungen wird herausgelöst, Kabel werden steif und brüchig. Kupfer ist mehrere 10 cm in die Isolierung hinein korrodiert.



Bienen zerstören Sensoren – Elektret-Mikrofone



Abb.: Elektret-Mikrofone, ohne Filz und mit Propolis gefüllt.

Bienen zerfressen des 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.

zur Person



Prof. Dr. rer. nat. Claus Brell

Projekt: <http://bieneviernull.de>

Lehre: <https://cbrell.de/blog>
<https://twitter.com/clusbrell>
clus.brell@clabremo.de

Physiker (Angewandte Physik,
"Sensorik in unmöglichen Umgebungen")
Nebenfach Bio-Kybernetik

Software-Entwickler
Lebensversicherung / Bank

Statistisches Landesamt,
Wissenschaftsministerium

Diss: Physikdidaktik / Neue Medien

Professur Wirtschaftsinformatik

*Gründer, Maker,
empirischer Naturbeobachter, Hobbyimker*