

DIGITALISIERUNG DER BIENENHALTUNG – wissenschaftlicher und technischer Stand digitaler Analysewerkzeuge

Zitierung: Schmitz, Yvonne; Wurm, Julia; Brell, Claus (2021) *Digitalisierung der Bienenhaltung – wissenschaftlicher und technischer Stand digitaler Analysewerkzeuge*. Arbeitsbericht Nr. 2 / Biene40. Polykopie, im Druck.

Schmitz, Yvonne*, Wurm, Julia*; Brell, Claus*
*Hochschule Niederrhein, Mönchengladbach

Stand: 19.12.2021

Das Interesse an digitalen Methoden der Bienenhaltung, lange Zeit eher eine Domäne der Forschung, wächst auch in der Imkerpraxis. So können digitale Analysewerkzeuge eine Arbeitserleichterung für Imker und eine Steigerung des Wohlbefindens der Bienen bewirken. Aufgrund des dynamischen Marktgeschehens hinsichtlich digitaler Produkte für die Bienenhaltung stehen Imker vor der Herausforderung, für sie geeignete Technologien auszuwählen. Ziel der Recherche ist es festzustellen, welche Möglichkeiten der Digitalisierung heute in der Bienenhaltung aus der Perspektive der Wissenschaft existieren.

Mit einer systematischen Literaturanalyse (vom Brocke et al., 2009) wurden die derzeit diskutierten digitalen Analysewerkzeuge zur Beobachtung von Bienenstöcken in wissenschaftlichen Publikationen identifiziert. Die damit verbundenen (Sensor-) Technologien und Ergebnisse werden in diesem Bericht vorgestellt.

Als ein zentrales Ergebnis kann festgehalten werden, dass zu den am häufigsten erwähnten Techniken die Gewichtsmessung der Beute und die Temperaturmessung im Brutraum zählen.

1 DIGITALISIERUNG DER BIENENHALTUNG

Die Präzisionsimkerei (engl. precision apiculture oder precision beekeeping) ist eine Unterkategorie der Präzisionslandwirtschaft und wird als „an apiary management strategy based on the monitoring of individual bee colonies to minimize resource consumption and maximize the productivity of bees“ (Zacepins/Stalidzans/Meitalovs 2012, S. 5) beschrieben. Die Präzisionsimkerei verfolgt das Ziel, Informationstechnologie und Imkerei zu kombinieren, um Bienenvölker zu überwachen und so den Ressourcenverbrauch zu minimieren und damit die Produktivität der Bienen zu maximieren. (vgl. Chlebo et al. 2020, S. 2)

In der Präzisionsimkerei wird die „smarte“ Bienenbeute, die den Imkern Daten über den aktuellen Zustand des Bienenvolkes liefert (Gewicht, Temperatur, Feuchtigkeit, Sound und Bild) als Vorstufe zur „intelligenten“ Bienenbeute angesehen. Die intelligente Bienenbeute nutzt die Daten von einer Vielzahl von Bienenvölkern, führt sie zusammen und reichert sie mit außerhalb der Völker generierten Daten an. Dabei können Methoden der künstlichen Intelligenz zum Einsatz kommen, um Vorhersagen über das Bienenvolk zu treffen. (vgl. ebd., S. 2)

Wie in der Präzisionslandwirtschaft wird die Präzisionsimkerei als Dreiphasenzyklus betrachtet, be-

stehend aus der 1. Datenerfassung, 2. Datenanalyse und 3. Datennutzung (vgl. Zacepins/Stalidzans/Meitalovs 2012, S. 5).

1. Datenerfassung. In der Literatur werden für die erste Phase verschiedene Sensortechnologien diskutiert, die zur Erfassung von Daten in einer Bienenbeute genutzt werden und Aussagen über die Produktivität von Bienenvölkern ermöglichen.

2. Datenanalyse. In der zweiten Phase greift man auf die erfassten Daten zurück, um mithilfe von Expertenwissen Rückschlüsse auf das Verhalten der Bienenvölker zu ziehen (vgl. ebd., S. 5).

3. Datennutzung. Die gewonnenen und in der Analyse aufbereiteten Daten dienen dem Imker in der dritten Phase zur Entscheidungsfindung und Unterstützung, um Maßnahmen zum Schutz der Bienenvölker einleiten zu können (vgl. ebd.). Ebenso können Effizienzsteigerungen für das imkerliche Handeln erwartet werden.

Im Weiteren richtet sich der Fokus auf die in der Bienenhaltung eingesetzten und/oder die in jüngeren wissenschaftlichen Quellen beschriebenen (Sensor-)Technologien.

2 (SENSOR-)TECHNOLOGIEN IN DER BIENENHALTUNG

In der wissenschaftlichen Literatur werden verschiedene Technologien zur Echtzeit- und Langzeitüberwachung von Bienenständen diskutiert.

Dabei wird unterschieden, wo und in welcher räumlichen Ausdehnung gemessen wird.

Messungen in Bienenvolknähe. Digitale Sensoren ermöglichen die Messung unterschiedlicher Parameter im Bienenstock und im Umfeld des Stocks. Im Rahmen des Dreiphasenzyklus der Präzisionsimkerei teilen Zacepins et al. (2015) die (Sensor-)Technologien in drei Betrachtungsebenen ein, die für Messungen an a) dem Bienenstand, b) dem Bienenvolk oder c) der einzelnen Biene eingesetzt werden. Zu den Parametern auf Bienenstandebene (Abb. 1 Punkt 3) zählen beispielsweise Wetterdaten. Auf Bienenvolkebene (Abb. 1 Punkt 2) ist die Erhebung von Parametern wie Gewicht (einer Beute), Temperatur, Feuchtigkeit, Gaskonzentration, Sound oder Vibration innerhalb der Beute möglich. (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 61)

Wichtig ist dabei die Kombination mehrerer unterschiedlicher Parameter. Marchal betont, dass erst durch den kombinierten Einsatz von verschiedenen Sensoren innerhalb und außerhalb des Bienenstands und der Berücksichtigung von Umweltbedingungen spezifische biologische Prozesse interpretiert werden können (vgl. Marchal et al. 2020, S. 360).

Folgend werden ausgewählte (Sensor-)Technologien erläutert, aufgeteilt nach Zacepins in die drei Beschreibungsebenen Einzelbiene (1), Bienenvolk (2) und Bienenstand (3 (Abb. 1) (Zacepins et al. 2015, S. 61).

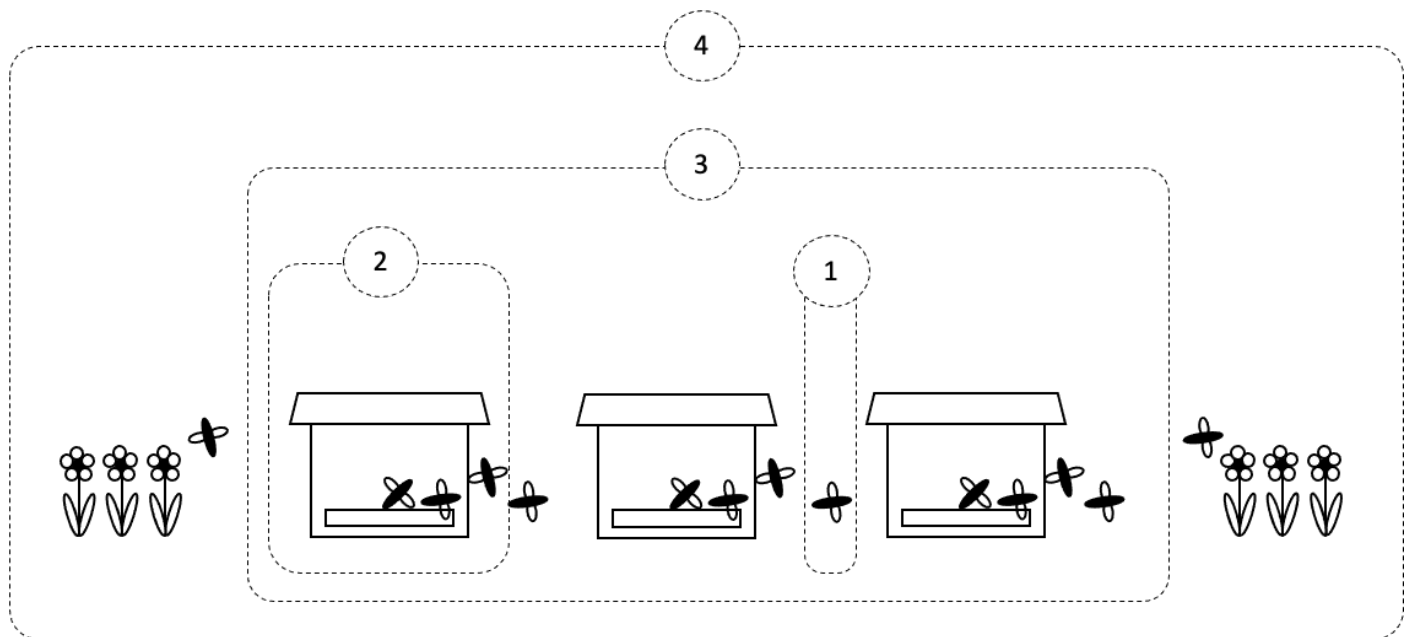


Abb. 1: Drei Betrachtungsebenen nach Zacepins et al. (2015, S. 61) in eigener Darstellung. Unterschieden werden (1) einzelne Bienen (1,5 cm, engl. bee, honey bee), (2) Die Bienenbeute mit dem Bienenvolk oder dem Bien in seiner unmittelbaren Umgebung (0,5-1 m, engl. beehive, bee colony), der gesamte Bienenstand, ggf. eine Imkerei (einige 10 m, engl. apiary). Der Bienenstand wird noch umschlossen vom (4) Nahrungsgebiet (1-6 km, engl. foraging area) der Bienen.

2.1 MESSUNGEN AUF BIENENSTANDEBENE

Kamera und Wetterdaten: Mithilfe von meteorologischen Daten und Kameraaufzeichnungen lässt sich auf der Ebene des Bienenstands auch dessen Umgebung überwachen.

Die Messung von meteorologischen Parametern wie Wind, Niederschlag oder Licht kann mittels einer Wetterstation erfolgen. Außerdem können zur Überwachung des Außenbereichs eines Bienenstands auch Kameras eingesetzt werden. Die Beobachtung der Umgebung ermöglicht Interpretationen, die Korrelationen zwischen der Nahrungssuche von Bienen und externen Parametern wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Lichtintensität oder Windgeschwindigkeit aufdecken (vgl. Marchal et al. 2020, S. 358). Außerdem lassen sich durch Außengeräusche und Videoaufzeichnungen eine erhöhte Anzahl an ein- und ausgehenden Bienen am

Flugloch oder das Vorhandensein von Menschen identifizieren (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 61).

In Verbindung mit weiteren Parametern, wie Gewichtsmessungen (Auf der Beschreibungsebene Bienenvolk) verbessern externe Informationen die Qualität der Auswertung der gewonnenen Daten. Zum Beispiel lässt sich die Zunahme des Bienenstandgewichts bei Beuten-Materialien wie Holz auch auf eine Erhöhung der Feuchtigkeit, beispielsweise bei Regen, zurückführen und ist somit nicht unbedingt ausschließlich auf eine Veränderung der Bienenmasse oder der Nahrungsverfügbarkeit zurückzuführen (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 61).

2.2 MESSUNGEN AUF BIENENVOLKEBENE

Zu den Parametern der Messungen auf Bienenvolkebene zählen beispielsweise a) das Stock-Gewicht, b) die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit sowie die c) Gaskonzentration unterschiedlicher Substanzen. Auch d) Klangereignisse und e) Vibrationen innerhalb einer Beute werden detektiert.

a) Gewicht. Bienenstockwaagen ermöglichen die Erfassung des Gewichts einzelner Bienenvölker. Mithilfe der Wägungen über den Zeitablauf können beispielsweise Trachtsituationen, also das Eintragen von Nektar und der tägliche Zuwachs an Vorräten, erkannt werden. Außerdem können - derzeit nur nach Eintritt - Schwarmereignisse durch eine plötzliche Abnahme des Bienenstockgewichts indiziert werden. Zudem lassen sich Schätzungen der Zahl der Sammlerinnen vornehmen (vgl. Meikle et al. 2008, S. 700 ff.).

Nachteilig bei Gewichtsmessungen sind der Einfluss von Witterungsverhältnissen, wie Niederschlag und Wind, da Holzbeuten Feuchtigkeit aufnehmen und dadurch die Gewichtsmessungen beeinflusst wird (vgl. Meikle et al. 2008, S. 10). Ein weiterer Nachteil wird in den hohen Kosten der Gewichtssensoren im Vergleich zu anderen Sensoren gesehen (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 62). Nach eigenen Recherchen sind Investitionen zwischen 150€ und 800€ je Bienenvolk für digitale und vernetzte Wägetechnik erforderlich - damit überschreiten die Kosten im Schnitt den Wert eines Bienenvolkes.

b) Temperatur und Feuchte. Aus Temperatur- und Feuchtedaten leitet man eine erhöhte Nahrungsaufnahme, den Beginn der Brut, Vorschwarmzustände oder sonstige kritische Situationen im Volk

ab, die im Extremfall zu einem Verlust des Volkes führen können. (vgl. Zhu et al. 2019, S. 489)

Zu den Vorteilen der Temperaturmesssysteme zählen die geringen Kosten und die Robustheit (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 62). Ein Nachteil bei Feuchtigkeitssensoren stellt der Aufwand für die notwendige Reinigung von Schmutz dar, wenn die Sensoren innerhalb der Bienenbeute angebracht sind (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 63).

c) Bestandteile der Stockluft. Gaskonzentrationen unterschiedlicher Substanzen in der Stockluft werden ebenfalls gemessen und dienen zur Beurteilung der Stoffwechselaktivität von Bienen (vgl. Meikle/Holst 2015, S. 14).

Die Nachteile von Gasmessungen liegen in den vergleichsweise hohen Kosten (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 63) und an dem Umstand, dass die Bienen die Gassensoren – ebenso wie Mikrofone – mit Propolis und Wachs überziehen und die Sensoren regelmäßig gesäubert werden müssen (vgl. Meikle/Holst 2015, S. 14).

d) Klangereignisse / Sound. Die Aufnahme von Geräuschen mittels eines Mikrofons kann im Innen- oder im Außenbereich einer Bienenbeute erfolgen. Brundage (2012) analysierte die Geräusche (vieler) fliegender Bienen am Flugloch und beurteilte dadurch die Produktivität im Bienenvolk (vgl. Brundage 2012, S. 1). Ferrari et al. (2008) entwickelten eine akustische Methode zum Vorhersagen des Schwärmens (vgl. Ferrari et al. 2008, S. 72). Cejrowski diagnostizierte das Vorhandensein oder die Abwesenheit der Königin durch Veränderungen der Geräusche innerhalb des Bienenvolkes (vgl. Cejrowski et al. 2018, S. 297).

Als Nachteil für den Einsatz von Mikrofonen (im Inneren der Bienenbeute) sieht Aumann die Verschmutzung durch Propolis (vgl. Aumann/Aumann/Emanetoglu 2021, S. 2) sowie die Schwierigkeit, die richtige Position des Mikrofons (Beeinflussung des Ergebnisses durch Nebengeräusche aus der Umwelt) zu finden (vgl. Ferrari et al. 2008, S. 77).

e) *Vibration*. Statt Luftschall mit Mikrofonen wird alternativ Körperschall mit Vibrationssensoren detektiert. Die Gefahr von Messverfälschungen durch Propolisierung schätzen wir bei der Körperschallmessung in der Bienenbeute geringer als bei der Luftschallmessung ein.

Mithilfe von Vibrationsmessungen, z. B. an der Bienenbeutenwand oder auf den Rähmchen können Informationen über die Aktivität und Entwicklung der Völker gewonnen werden. Bencsik setzt zur Messung von Vibrationen Beschleunigungsmesser ein (vgl. Bencsik et al. 2015, S. 1).

2.3 MESSUNGEN AUF BIENENEBENE

Die Beobachtung des Verhaltens einzelner Bienen erfolgt durch a) den Einsatz von Videoüberwachungen, b) Bienenzähler am Flugloch oder c) RFID-Tags.

a) *Videoüberwachung*. Mithilfe von Kameraaufzeichnungen können nach Zacepins (2015, S. 64) Schlüsse auf die Aktivität oder Inaktivität der Bienenkolonie, das Schwärmen oder Krankheiten, wie z. B. die europäische Faulbrut gezogen werden. Campbell zählt mittels Videobeobachtungen die ein- und ausfliegenden Bienen (vgl. Campbell et al. 2005, S. 2503).

Nachteil der Beobachtungstechnik ist, dass eine enorme Datenmenge erzeugt wird (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 64), die übertragen, gespeichert und ausgewertet werden muss. Nach unserer Einschätzung wäre für diesen Fall – zumindest bei mehreren Beobachtungsstationen – eine automatisierte Auszählung oder Bewertung direkt vor Ort erforderlich.

b) *Bienenzähler (ohne Kamera)*. Eingangs- und Ausgangszähler, die am Flugloch platziert werden und die einzelnen Bienen erfassen, können Aufschluss über die Aktivität des Volkes geben sowie, den Einfluss des Wetters auf die Flugaktivität, das Schwärmen, die prozentualen Rücklaufquoten und die Auswirkungen der Freisetzung von Chemikalien (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 64). Meist wird die Anzahl der ein- und ausfliegenden Bienen in die Bienenbeute ausgewertet. Dabei bestehen die mechanischen oder elektronischen / optischen Bienenzähler aus mehreren bienengroßen Durchgangskanälen oder Öffnungen, die mit Sensoren ausgestattet sind.

Zu den Nachteilen des Messverfahrens zählen die Beeinflussung der Bienenaktivität durch die Nutzung von Kanälen am Eingang und der Aufwand zur Reinigung der Kanäle (vgl. Zacepins et al. 2015, S. 64).

c) *RFID-Tags*. Mit RFID-Tags können Daten zur Lebenserwartung von Bienen und über den Flugverkehr am Flugloch gewonnen werden. Daraus erhält man Hinweise zur Nahrungsaufnahme der Bienen (vgl. Meikle/Holst 2015, S. 17). Neben Informationen zur Altersstruktur und dem Wachstum des Bienenvolkes (vgl. Marchal 2020, S. 359) liefern RFID-Tags auch Hinweise zu einem Einsatz von Pestiziden, wenn Bienen beispielsweise weniger Pollen sammeln (vgl. Gill et al. 2012, S. 105).

Nachteile von RFID-Detektoren sind zum einen die Kosten und zum anderen die Gefahr, dass der Klebstoff, mit dem die Detektoren an den Bienen befestigt werden das Verhalten der Bienen beeinflusst (vgl. Meikle/Holst 2015, S. 17).

2.4 KURZE ZUSAMMENFASSUNG DER IDENTIFIZIERTEN ACHT QUELLEN

Aufgrund der großen Anzahl an Veröffentlichungen zu digitalen Analysewerkzeugen der Bienenhaltung in den wissenschaftlichen Datenbanken, liegt der Schwerpunkt der vorgestellten Publikationen auf jenen, die sich mit einer eher allgemeinen Betrachtung einer Vielzahl von (vernetzten) (elektronischen) Sensoren auseinandersetzen. Insgesamt werden in dieser Recherche acht Quellen analysiert.

1.

Bromenshenk et al. (2015) beschreiben verschiedene Möglichkeiten der Verwendung von Bienen als (chemische) Biosensoren bzw. Träger von Biosensoren. Dazu betrachten die Autoren technologische Fortschritte wie mit (RFID-)Tags ausgestattete Bienen, LiDAR-Bienentracking, elektronische Bienenbeuten, Bienenzähler, akustische Erkennung von Chemikalien, Schädlingen und Krankheiten oder Infrarot-Bildgebung. Die Autoren nehmen zudem eine Einschätzung vor, welche Sensoren die nützlichsten Informationen liefern und welche Sensoren schwer in einer Bienenbeute gewartet werden können.

2.

Cecchi et al. (2020) stellen in ihrem Beitrag eine Multisensor-Plattform vor, die für die Echtzeit- und

Langzeitmessung relevante Parameter im Zusammenhang mit dem Zustand des Bienevolkes einbezieht. Dazu zählen das Gewicht der Bienenbeute, die von den Bienen abgegebenen Geräusche, die Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie der CO₂-Gehalt innerhalb der Bienenbeute und die Wetterbedingungen außerhalb. Es wird gezeigt, wie die Fusion verschiedener Sensormessungen Einblicke in den Zustand des Bienenvolks, dessen Interaktion mit der Umgebung und den Einfluss der klimatischen Bedingungen geben kann.

3.

Für Hong et al. (2020) stellen die Parameter Gewicht, Temperatur (und Feuchtigkeit), Sound und Eingangszählung die wichtigsten Messwerte dar. Die Autoren nehmen für die Entwicklung ihres IoT-basierten Überwachungssystems und die eingesetzten Sensoren im Vorfeld eine Bewertung der Eigenschaften Gewicht, Temperatur, Feuchtigkeit, Gaskonzentration, Vibration und Sound hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit in der Praxis vor. Bei der Analyse berücksichtigen die Autoren die Faktoren Relevanz für die Aktivitäten der Bienenvölker, Reichtum bzw. Fülle der Informationen, Billigkeit der Kosten und Einfachheit der Technik und stufen diese entsprechend den Prioritäten Hoch, Mittel und Niedrig ein (Tab. 1).

Eigenschaft	Faktor			
	Relevanz	Reichtum	Billigkeit	Einfachheit
Gewicht	Hoch	Mittel	Niedrig	Niedrig
Temperatur	Hoch	Mittel	Hoch	Hoch
Feuchtigkeit	Niedrig	Niedrig	Hoch	Hoch
Gaskonzentration	Niedrig	Mittel	Niedrig	Mittel
Vibration	Mittel	Hoch	Mittel	Hoch
Sound	Hoch	Hoch	Hoch	Hoch

Tab.1: Bewertung der Anwendbarkeit der Eigenschaften (Gewicht, Temperatur, Feuchtigkeit, Gaskonzentration, Vibration und Sound) (in Anlehnung an Hong et al. 2020, S. 7150)

Die Autoren argumentieren, dass Eigenschaften wie das Gewicht eng mit Aktivitäten des Bienenvolkes wie der Nahrungssuche und der Honigmenge zusammenhängen, und ordnen dem Faktor „Relevanz“ für das Gewicht den Wert „Hoch“ zu. Daten, die mithilfe von Gewichtssensoren gewonnen werden, liefern dagegen weniger differenzierte Informationen wie Daten, die mittels Vibrations- oder Soundsensoren gesammelt werden, sodass der Einfluss auf den Faktor „Reichtum“ bzw. die Informationsfülle als „Mittel“ eingestuft wird. Die Kosten für Gewichtssensoren sind im Vergleich zu anderen Sensoren höher, daher sind sie in der Spalte „Billigkeit“ mit „Niedrig“ bewertet. Außerdem ist die Installation eines Gewichtssensors aufwendiger, sodass der Einfluss der Einfachheit der Technik ebenfalls „Niedrig“ eingestuft wird. Insgesamt stellt der Faktor Relevanz für die Autoren die bedeutendste Komponente dar, sodass aus diesem Grund die Merkmale Gewicht, Temperatur (und Feuchtigkeit), Sound (und Eingangszählung) in

dem von den Autoren entwickelten System berücksichtigt werden.

4.

Lettmann und Chauzat (2018) befragen französische Imker zu ihren Erfahrungen mit vernetzten Analysewerkzeugen, wie beispielsweise vernetzte Waagen, Temperatur- und Feuchtigkeitssensoren sowie Anti-Diebstahlsysteme in der Bienenhaltung. Die Autoren verwendeten dazu eine Online-Umfrage (n=386). Damit handelt es sich bei der Veröffentlichung um die einzige in dieser Untersuchung identifizierte empirische Studie über das Meinungsbild von Imkern aus der alltäglichen Praxis, die in dieser Form im Rahmen der Literaturrecherche identifiziert werden konnte. Die Studie zeigt, dass sich immer mehr Imker für die Investition in digitale Analysewerkzeuge entscheiden bzw. Interesse bekunden. Dabei stellen die wichtigsten Analysewerkzeuge die Gewichts- und Temperaturmessungen und die GPS-Ortung dar.

5.

Marchal et al. (2020) beschreiben die wichtigsten Sensoren und Parameter, die in vernetzten Bienenbeuten verwendet werden. Die Autoren legen den Fokus auf die Entwicklung eines integrierten Systems mit mehreren Sensoren, das die Bienenstöcke mit ihrer äußeren Umgebung verbindet.

6.

Meikle/Holst (2015) schlagen einen ganzheitlichen Ansatz zur kontinuierlichen Überwachung von Bienenstöcken vor. Dazu nehmen die Autoren eine umfassende Übersicht über elektronische Sensoren wie Gewicht, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Atemgase, Vibration, Sound, Videoüberwachung und Flugverkehr vor, die in wissenschaftlichen Veröffentlichungen diskutiert werden. Ergänzend

setzen sie sich kritisch mit diesen Sensortechnologien auseinander.

7.

Ochoa et al. (2019) schlagen ein IoT-System vor, das in der Bienenbeute eingesetzt werden kann, um den Imkern durch Präzisionsmessungen zu einer besseren Kontrolle zu verhelfen. Dabei diskutieren sie die Erfassung, Speicherung und Anzeige von Daten (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Gewicht und Lärm) in Echtzeit.

8.

Zacepins et al. (2015) stellen den - derzeit aktuellen - Stand, die Herausforderungen und zukünftigen Entwicklungsperspektiven in der Präzisionsimkerei vor. Zur Datenerfassung werden die Einsatzmöglichkeiten von elektronischen Sensoren und die Herausforderungen, die sich bei Einsatz ergeben, diskutiert.

2.5 WÜRDIGUNG DER ERGEBNISSE

Während die Artikel von Bromenshenk et al. (2015) und Meikle/Holst (2015) basierend auf einer Sammlung von Forschungsergebnissen anderer Autoren einen umfassenden Überblick über verfügbare Sensoren liefern, nehmen Zacepins et al. (2015) sowie Hong et al. (2020) eine Bewertung von ausgewählten Sensoren vor. Marchal et al. (2020) betonen die Wechselwirkungen zwischen Bienen- bzw. Bienenvolkenebene und der äußeren Umgebung.

Cecchi et al. (2020) führen Forschungsergebnisse weiterer Wissenschaftler zusammen und kommen ausgehend vom Stand der Technik in Bezug auf

Überwachungssysteme und technologische Entwicklung zu dem Ergebnis, dass die Langzeitmessung der ausgewählten Parameter in Echtzeit eine grundlegende Rolle bei der fortschrittlichen Überwachung von Bienenstöcken spielt und die gesammelten Daten als aussagekräftiger Indikator für die Gesundheit der Honigbienen verwendet werden kann. Ochoa et al. (2019) ziehen als Grundlage für ihre Forschung die Präzisionsimkerei und die sich daraus ergebenden Parameter heran, um Daten in Echtzeit zu sammeln, zu speichern und anzuzeigen und gemeinsam mit Imkern Verhaltensmuster zu untersuchen und Rückschlüsse ziehen zu können.

Aufgrund der Komplexität und Kosten der unterschiedlichen digitalen Analysewerkzeuge finden einige Methoden vorwiegend in der Forschung Anwendung und eignen sich nur bedingt für den Einsatz in der täglichen Imkerpraxis. Lettmann/Chauzat (2018) liefern ein Meinungsbild über die Anwendung und Erfahrung von digitalen Analysewerkzeugen von Imkern in Frankreich.

Zusammenfassend ergibt diese Recherche, dass viele unterschiedliche Technologien zur Erfassung von Daten über Bienen und ihre Umwelt diskutiert werden.

Eine Konzeptmatrix (Tab. 3) der recherchierten Literatur und die dazugehörige Auszählung (Tab. 2) zeigen, dass die Gewichts- und Temperaturmessung in den Publikationen dominiert. Auch die Messung der Luftfeuchtigkeit, die Geräuschanalyse sowie Eingangs- und Ausgangszählungen sind mehrfach Bestandteil der Untersuchungen. Seltener benannte Technologien sind die Kameraüberwachungen und RFID-Tags.

Parameter	Häufigkeit der Nennungen
Gewicht	8
Temperatur	8
Sound	6
Eingangs- und Ausgangszählungen	5
Luftfeuchtigkeit	5
Wetterdaten	4
Vibration	4
RFID-Tag	3
Kamera	2
Gaskonzentration	2

Tab. 2: Häufigkeit der Nennungen unterschiedlicher Sensortechniken.

		Parameter									
Quelle		W e t t e r d a t e n	K a m e r a	G e w i c h t	T e m p e r a t u r	L u f t f e u c h t e	G a s k o n z e n t r a t i o n	V i b r a t i o n	S o u n d	D u r c h g a n g s z ä h l u n g	R F I D
1	Bromenshenk, J. J./Henderson, C. B./Seccomb, R. A./Welch, P. M./Debnam, S. E./Firth D. R., (2015)	■	■	■	■	■		■	■	■	■
2	Cecchi, Stefania, Susanna Spinsante, Alessandro Terenzi, and Simone Orcioni (2020)	□		■	■	■	■		■		
3	Hong, W./Xu, B./Chi, X./Cui, X./Yan, Y./Li, T.(2020)			■	■	□	□	□	■	■	
4	Lettmann, M./Chauzat, M.-P. (2018)	■	□	■	■	□		■		□	
5	Marchal, P./Buatois, A./Kraus, S./Klein, S./Gomez-Moracho, T./Lihoreau, M. (2020)	■		■	■	■		■	■	■	■
6	Meikle, W. G./Holst, N.(2015)			■	■	■	■	■	■	■	■
7	Ochoa, I. Z., Gutierrez, S., Rodriguez, F. (2019)			■	■	■					
8	Zacepins, A./Brusbardis, V./Meitalovs, J./Stalidzans, E. (2015)	■	■	■	■	□	□	□	■	■	
	Konzepte Gesamtzahl:	4	2	8	8	5	2	4	6	5	3

Tab. 3: Konzeptmatrix, eigene Darstellung

Legende: ■ starke Ausprägung □ schwache Ausprägung

3 FAZIT

Die Literaturrecherche zeigt, dass verschiedene (Sensor-)Technologien zur Beobachtung von Bienen innerhalb und außerhalb der Bienenbeute eingesetzt werden. Zu den in den wissenschaftlichen Publikationen deutlich hervorgehobenen Sensoren zählen die Gewichts- und Temperatursensoren. Außerdem werden weitere Technologien zur Geräuschanalyse, Ein- und Ausgangszählung, Vibrationsmessung, Messungen von Wetterdaten sowie RFID-Tags, Feuchtigkeitssensoren, Kameraüberwachungen und Vibrationsmessungen genannt. Nicht alle Technologien, die in der wissenschaftlichen Literatur diskutiert werden, eignen sich für den Einsatz in der alltäglichen Imkereipraxis. Anhand der Studie der französischen Imker über Erfahrungen zu vernetzten Analysewerkzeugen (Lettmann/Chauzat 2018) konnte gezeigt werden, dass digitale Bienenstockwaagen und Temperatursensoren zu den am häufigsten *in der imkerlichen Praxis* angewandten Technologien zur Beobachtung und Erfassung von Messdaten gehören.

4 QUELLEN

Aumann, H. M./Aumann, M. K./Emanetoglu, N. W. (2021): Janus: A Combined Radar and Vibration Sensor for Beehive Monitoring, in: IEEE Sensors Letters Vol. 5 No. 3, 2021. S. 1-4.

Brencsik, M./Conte, Y. L./Reyes, M./Pioz, M./Whittaker, D./Crauser, D./Delso, N. S./Newton, M. I. (2015): Honeybee Colony Vibrational Measurements to Highlight the Brood Cycle, in: PLoS ONE 10(11), 2015.

Bromenshenk, J. J./Henderson, C. B./Seccomb, R. A./Welch, P. M./Debnam, S. E./Firth D. R. (2015): Bees as Biosensors: Chemosensory Ability, Honey Bee Monitoring Systems, and Emergent Sensor Technologies Derived from the Pollinator Syndrome, in: Biosensors, 2015, S. 678-711.

Brundage, T. J. (2012): Acoustic sensor for beehive monitoring. U.S. Patent 8,152,590, 2012.

Campbell, J. M./Dahn, D. C./Ryan, D. A. J. (2005): Capacitance-based sensor for monitoring bees passing through a tunnel, in: Measurement Science and Technology Vol. 16 No. 12, 2005, S. 2503-2510.

Cecchi, Stefania, Susanna Spinsante, Alessandro Terenzi, and Simone Orcioni. 2020. "A Smart Sensor-Based Measurement System for Advanced Bee Hive Monitoring" Sensors 20, no. 9: 2726. <https://doi.org/10.3390/s20092726>

Cejrowski, T./Szymański, J./Mora, H./Gil, D. (2018): Detection of the Bee Queen Presence using Sound Analysis, in: Nguyen N./Hoang D./Hong T. P./Pham H./Trawiński B. (eds) (2018): Intelligent Information and Database Systems, ACIIDS 2018, S. 297-306.

Chlebo, R./Tosi, S./Sgolastra, F./Nabulsi, Z./Ruiz-Martínez, J. A./Pries, F. (2020): EIP-AGRI Focus Group. Bee health and sustainable beekeeping. Mini-paper 05: Monitoring, 2020, https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/fg34_mp5_mini_paper_5_monitoring_final_v2_1.pdf

Ferrari, S./Silva, M./Guarino, M./Berckmans, D. (2008): Monitoring of swarming sounds in bee hives for early detection of the swarming period, in: Computers and Electronic in Agriculture Vol. 64, 2008, S. 72-77.

Gill, R. J./Ramos-Rodriguez, O./Raine, N. E. (2012): Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees, in: Nature, S. 105-108, 2012.

Hong, W./ Xu, B./Chi, X./Cui, X./Yan, Y./Li, T. (2020): Long-Term and Extensive Monitoring for Bee Colonies Based on Internet of Things, in: IEEE Internet of Things Journal Vol. 7 No. 8, 2020, S. 7148-7155.

Lettmann, M./Chauzat, M.-P. (2018): Les Outils connectés en apiculture: Evaluation de leurs applications auprès des apiculteurs français, https://be.anses.fr/sites/default/files/O-028_2018-12-28_Outils-abeilles_Lettmann_VF.pdf, zuletzt gesehen am: 01.06.2021.

Marchal, P./Buatois, A./Kraus, S./Klein, S./Gomez-Moracho, T./Lihoreau, M. (2020): Automated monitoring of bee behavior using connected hives: Towards a computational apidology, in: Apidologie Vol. 51, 2020, S. 356-368.

Meikle, W. G./Holst, N. (2015): Application of continuous monitoring of honeybee colonies, in: Apidologie, 2015 Vol. 46, S. 10-22.

Meikle, W. G./Rector, B. G./Mercadier, G./Holst, N. (2008): Within-day variation in continuous hive weight data as a measure of honey bee colony activity, in: Apidologie 39, 2008, S. 694-707.

Ochoa, I. Z., Gutierrez, S., Rodriguez, F. (2019): Internet of Things: Low Cost Monitoring BeeHive System using Wireless Sensor Network. 2019 IE-EE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV), I, 1-7.

Vom Brocke, J./Simons, A./Niehaves, B./Riemer, K./Plattfaut, R./Cleven, A. (2009): Reconstructing the Giant: On the Importance of Rigour in Documenting the Literature Search Process, in: Proceedings of the 17th European Conference on Information Systems, 2009, S. 2206-2217.

Zacepins, A./Brusbardis, V./Meitalovs, J./Stalidzans, E. (2015): Challenges in the development of Precision Beekeeping, in: Biosystems Engineering Vol. 130, S. 60-71.

Zacepins, A./Stalidzans, E./Meitalovs, J. (2012): Application of information technologies in precision apiculture, in: Proceedings of the 11th International Conference on Precision Agriculture, Indianapolis, Indiana USA, 2012, S. 1-11.

Zhu, X./Wen, X./Zhou, S./Xu, X./Zhou, L./Zhou, B. (2019): The temperature increase at one position in the colony can predict honey bee swarming (*Apis cerena*), in: Journal of Apicultural Research Vol. 58 No. 4, 2019, S. 489-491.

Ansprechpartner / in:

Projektkoordination:

Julia Wurm M.A.

E-Mail: julia.wurm@hs-niederrhein.de

Leitung:

Prof. Dr. rer. nat. Claus Brell

E-Mail: claus.brell@hs-niederrhein.de

Forschungsinstitut GEMIT

Der Hochschule Niederrhein

Richard-Wagner-Str. 97

41065 Mönchengladbach

Die Förderung des Vorhabens erfolgt (bzw. erfolgte) aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Die Projektträgerschaft erfolgt (bzw. erfolgte) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) im Rahmen des Programms zur Innovationsförderung.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger

