

Schimmelpilze und ihr Einfluss auf die Westliche Honigbiene *Apis mellifera*

Sigrun Mittl, Dipl.-Biol., www.bienen-dialoge.de, Fürth, Dezember 2019

Einleitung

Wenn wir im Zusammenhang mit der Imkerei an Schimmelpilze denken, sehen wir vor allem verschimmelte Waben oder verschimmelte Bereiche der Beute (=Bienenwohnung) vor unserem inneren Auge. Für viele von uns stellen verschimmelte Waben kein Problem für ihre Honigbienen dar. Ohne Bedenken lassen wir verschimmelte Waben von den Honigbienen säubern, ohne zu fragen, ob der Schimmel für die Bienen giftig ist und ohne zu hinterfragen, ob der Schimmel vielleicht ein schlechtes Beutenklima anzeigt, was ebenfalls schädlich für die Gesundheit der Honigbienen sein könnte. In manchen Studien wird aber vermutet, dass die Schimmelpilze bei den hohen Völkerverlusten weltweit eine Rolle spielen könnten. (Leider finde ich die Quellenangaben für diese Aussage nicht mehr). Schimmel in den Beuten stört, schaut nicht sehr schön aus, irgendwie haben wir schon ein mulmiges Gefühl, warum schimmelt es nur, aber egal, er wird meist klaglos hingenommen. Aber wissen wir, ob der Schimmel schadet oder sogar nützt? Wenn ja, welcher Schimmelpilz schadet, welcher nützt und wenn ja, wofür? Haben Honigbienen Strategien, mit Schimmel umzugehen, ihn zu bekämpfen oder zu kultivieren? Fragen, auf die wir, wenn wir ehrlich sind, eigentlich keine rechte Antwort geben können. Als Imkerinnen und Imker wissen wir über Schimmelpilze sogar fast nichts. Deshalb wollen wir uns diesen Fragen mal eingehend widmen. Auf viele Fragen habe ich selbst noch keine Antworten gefunden. Vielleicht führt aber die Beschäftigung mit den Schimmelpilzen dazu, die Rolle des Schimmels besser zu verstehen und dafür zu sorgen, dass er als Schimmelrasen auf Waben und in den Ecken der Beuten nicht mehr auftritt. Wer weiß?

Eine kleine Anmerkung: in diesem Artikel befasse ich mich ausschließlich mit den Schimmelpilzen und nicht mit den Hefen, die auch zu den Pilzen gehören.

Ohne Mikroorganismen gäbe es keine Honigbienen – und uns auch nicht

Thomas C.G. Bosch, Zoologieprofessor an der Uni Kiel, beschäftigt sich als einer der wenigen mit den Mikroorganismen, Archaeen, Bakterien, Pilzen und Viren, die wir auf und in unserem Körper beherbergen. (1) Ohne sie könnten wir nicht leben, gäbe es uns nicht und die Honigbienen und alle anderen Lebewesen auch nicht. Wie kann das sein? H.G. Wagner (2012) hat Prof. Bosch einige Fragen gestellt, auf die Herr Bosch wie folgt antwortet: „Alle vielzelligen Organismen sind dauerhaft mit Mikroben assoziiert und daher als Metaorganismus zu verstehen. Mikroben haben die Evolution von Tieren und Pflanzen seit Millionen von Jahren maßgeblich beeinflusst.“ Und er macht deutlich, dass „die Beiträge der Mikroben zu unserer Gesundheit von einer effizienten Nährstoff-Verwertung bis zur

Kontrolle von Krankheitserregern reichen und bis zur Auslösung von Entwicklungsprogrammen und der Gestaltung unseres Immunsystems“. In: (2) Wir alle, auch die Honigbienen, leben mit diesen Mikroorganismen in Symbiose, das heißt, wir geben und nehmen voneinander und profitieren alle. Ein großer Teil dieser Mikroben lebt im Darm, auch in dem der Honigbienen. Der überwiegende Teil der Mikroben ist uns und auch den Honigbienen wohlgesonnen und nur ganz wenige können uns bei schlechten Bedingungen gefährlich werden. – Ein sehr spannendes Thema, hier nur sehr verkürzt dargestellt. Ausführliches zum Menschen siehe bei Bosch (2017) und Blaser (2017); über das Mikrobiom und seine Funktion bei der Honigbiene werde ich später ausführlich schreiben. Diese Gedanken zum Mikrobiom zeigen uns, dass auch die Schimmelpilze nicht nur schlecht, sondern auch gut sind. Je nachdem. Und mit diesem Je nachdem wollen wir uns jetzt ausführlich befassen.

Schimmelpilze sind doch sogar gut – sie stellen Antibiotika her, oder?

Stimmt! Auch! Aber nicht nur! Es gibt einen berühmten Schimmelpilz, die Gattung *Penicillium*, von denen einige *Penicillium*-Arten das Antibiotikum Penicillin herstellen, das gegen sehr viele Bakterien hilft (nicht gegen Viren!). Es war der Schotte Alexander Fleming, der nachwies, dass der blaugrüne Flaum des Brotschimmelpilzes *Penicillium* Bakterien abtöten konnte. Der Wunderschimmel war ein ganz bestimmter Stamm von *Penicillium notatum*. Mit diesem Brotschimmel behandelten schon die Ägypter, Chinesen, zentralamerikanischen Indios und auch die Großmutter infizierte Wunden. Fleming hatte Glück, dass gerade dieser Stamm, den er verwendete, Penicillin produzierte. Die meisten Stämme des Schimmelpilzes *Penicillium* waren dazu aber nicht in der Lage und wenn doch, dann gaben sie nur geringste Mengen ab. Forscher in Amerika starteten ca. 1940 einen Aufruf an alle, verschimmelte Waren abzuliefern. Aber „letztlich war es eine Hausfrau, die eine verschimmelte Cantaloupe-Melone vorbeibrachte, die den Lauf der Geschichte veränderte. Dieser Schimmel ergab 250 Einheiten Penicillin pro Milliliter Nährlösung. (...) Alle heutigen Stämme stammen von dieser einzelnen Schimmelkultur ab.“ (3)

Wir sehen, Schimmel kann Gutes bringen, aber eben nicht nur.

Wissenswertes zu den Schimmelpilzen

Allgemeines

Der Begriff Schimmelpilz stellt keine wissenschaftlich systematische Einheit dar! „Im allgemeinen Sprachgebrauch unterscheiden wir zwischen „Pilzen“ (e. mushrooms; ...) und „Schimmelpilzen“ (e. moulds; ...). Pilze sind dabei die Fruchtkörper, die gesammelt, gezüchtet und gegessen werden, Schimmel dagegen die samtigen, flockigen, z.T. auffällig gefärbten Überzüge auf oder in Nahrungsmitteln wie Camembert und Roquefortkäse oder sichtbare Zeichen für den Verderb.“ (4) Schimmelpilze werden also in der Regel die Pilze genannt, die keine auffälligen Fruchtkörper ausbilden. Zu den Schimmelpilzen gehören fast alle imperfekten Pilze, viele Schlauchpilze, einige Ständer- und Brandpilze.

Es gibt obligate und fakultative Parasiten auf oder in Pflanzen oder Tieren (biotrophe Pilze = benötigen andere Organismen als Wirt und leben als Symbiont oder Parasit) und Arten, die für Wirbeltiere und Menschen giftig sein können. Pilze leben in der Regel im Erdboden, wo sie Überreste von Pflanzen und Tieren mineralisieren. „Vermehrungsorgane der Pilze, die Sporen oder Konidien, sind sehr klein und leicht und werden vom Wind, vom Wasser oder durch Tiere, vor allem Insekten, verbreitet. So ist es auch verständlich, daß sie überall in der freien Natur und auch in unseren Wohnungen zu finden sind.“ (4) Die Hyphen der Pilze sind verzweigte, schlauchförmige Strukturen mit einem Durchmesser von 2-10 mykrometer. Beim Wachstum eines Pilzkörpers bilden die Hyphen ein Geflecht, das in seiner Gesamtheit als Myzel bezeichnet wird. Das vegetative Myzel dringt in das Substrat ein und dient der Ernährung des Zellverbandes, das Luftmyzel trägt die Fruchtkörper.

Es gibt trockenheitsliebende Schimmelpilze, die bereits bei 55 bis 65 % relative Luftfeuchte und hochkonzentriertem Substrat wachsen. „Da sie Feuchtigkeit an das Substrat abgeben, schaffen sie die Lebensgrundlage für ihre mesophilen Artgenossen, die 65 bis 85 Prozent relative Luftfeuchtigkeit und eine Substratfeuchte von 15 bis 18 Prozent benötigen. (...) Die hydrophilen Schimmelpilze, die hohe relative Luftfeuchtigkeit (80 bis 98 Prozent) und Substratfeuchte (um 25 Prozent) benötigen, lieben die freie Natur. Größtenteils leben sie parasitisch auf Pflanzen.“ (4)

Primäre Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze, die den Honigbienen nützen können – eine erste Annäherung

„Alle Pilze ernähren sich saprophytisch, d.h., sie brauchen organische Verbindungen für die Deckung ihres Kohlenstoff- und Energiebedarfes. Sie können nur kleine Moleküle durch die Zellwand aufnehmen, die wasserlöslich sind. Lipide sowie Makromoleküle, wie Zellulose, Stärke, Pektine, Eiweiß, Keratin und viele andere, werden durch ausgeschiedene Enzyme extrazellulär „verdaut“ und die kleinen Bruchstücke, z.B. Fettsäuren, Zucker oder Aminosäuren, anschließend resorbiert und assimiliert.“ (4) Bei den Enzymen handelt es sich um Amylasen, Proteasen und Lipasen. Weitere primäre Stoffwechselprodukte sind z.B. Zitronensäure, Kohlendioxid und Wasser. All diese primären Stoffwechselprodukte dienen wiederum auch anderen Lebewesen, auch den Honigbienen als Nahrung, helfen dabei, Nahrung aufzuschließen oder bei der Veredelung von Produkten wie z.B. dem Pollen.

Sekundäre Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze, die den Honigbienen schaden, aber auch nützen können – eine erste Annäherung

Von den vielen Schimmelpilzen können nur ca. 200 sekundäre Stoffwechselprodukte wie Gifte, sogenannte Mykotoxine, bilden. Weitere sekundäre Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze sind Antibiotika und Botenstoffe.

„Voraussetzung für die Biosynthese von Mykotoxinen ist das Wachstum von Schimmelpilzen. *Wo keine Pilze gewachsen sind, gibt es auch keine Mykotoxine!* Am natürlichen Standort der Schimmelpilze, im Erdboden, werden keine Mykotoxine gebildet, weil das Nährstoffangebot zwar für die Zellvermehrung ausreicht, aber keine Überschußsituation herrscht. (...) Wachstum und Toxinproduktion funktionieren jedoch nur dann, wenn gleichzeitig ausreichend Wasser zur Verfügung steht.“ (4) Unter Wachstum

wird hier die Ausbildung von sichtbaren Rasen verstanden. Mykotoxine sind in kleinen Mengen für Wirbeltiere und andere Tiere giftig, oft auch für andere Mikroorganismen und/oder Pflanzen.

„Viele der etwa 200 bekannten Mykotoxine haben, neben der allgemeinen Zelltoxizität, immunsuppressive, erbgutverändernde und krebserzeugende Wirkung. Unbeabsichtigter Verzehr verschimmelter Produkte kann zu schwerwiegenden Vergiftungen, den sogenannten Mykotoxikosen, führen. Einatmen der Sporen bei starkem Schimmelbefall erhöht das Risiko für allergische und toxische Atemwegserkrankungen.“ (5) Diese Aussagen zielen zwar auf den Menschen ab, aber ich frage mich, ob sie nicht auch auf Honigbienen zutreffen könnten?

Schimmelpilze bilden als sekundäre Stoffwechselprodukte neben den Mykotoxinen auch Antibiotika. Wir finden zwar giftige Mykotoxine, aber auch solche, die als Antibiotikum wirken: „Die Abgrenzung gegen Antibiotika ist reichlich unklar und verschwommen, da einerseits viele Mykotoxine antibiotisch wirksam sind, andererseits manche Antibiotika auch nicht frei von „Nebenwirkungen“ sind, wie z.B. Griseofulvin.“ (4) Manche Mykotoxine sind auch antibiotisch wirksam, wie Patulin, Citrinin und Penicillinsäure. (4) Anmerkung: ich bin mir jetzt nicht sicher, ob hierbei Rasen gebildet werden oder nicht?

Viele Schimmelpilze, z.B. im Pollen, stellen Stoffwechselprodukte zur Verfügung, die den Bienen nutzen und hemmen z.B. *Ascosphaera apis* (siehe unten). Es werden dabei aber keine Schimmelrasen gebildet.

„Über die Funktion der Mykotoxine gibt es keine gesicherten Erkenntnisse. Bei fakultativ pathogenen Pilzen könnten sie im Sinne von Virulenzfaktoren wirken, wie etwa das von *Aspergillus fumigatus* produzierte immunsuppressiv wirkende Gliotoxin. Möglicherweise schützt die Toxinbildung den Produzenten auch vor natürlichen Feinden.“ (5) Ein Virulenzfaktor ist die Eigenschaft eines Erregers, der seine krankmachende Wirkung ausmacht, z.B. ein Stoffwechselprodukt wie eben das Gliotoxin.

Unter welchen Bedingungen bilden Schimmelpilze ihren Rasen aus und werden sichtbar?

Wohlgemuth (1957) und Büdel (1948) erwähnten, dass hohe Luftfeuchtigkeit das sichtbare Wachstum von Mikroorganismen auf Bienenwaben begünstigt. (6) (7)

Büdel (1948), der sich sehr ausführlich mit dem Stockklima und die Regulation derselben durch die Honigbienen befasst hat, kommt zu dem Schluss, dass die Honigbienen mit ganz gezielten Maßnahmen die Ausbreitung der Schimmelpilze zu verhindern suchen: „Der Wabenbau und die Futtervorräte der Bienen sind ein geeigneter Boden für Schimmelpilze, die bei entsprechendem Wassergehalt der Luft und einer gleichmäßig hohen Temperatur in der Beute sich sehr rasch entwickeln. Die Bienen sorgen deshalb in einer sehr vollkommenen Weise für eine geringe relative Feuchte in allen lebenswichtigen Bezirken ihrer Behausung.“ (7)

Ellis et al. (2010) erforschten die Fähigkeit der Seide (aus dem Seidenkokon, in den sich die Larven einspinnen), die Feuchtigkeit im Bienenstock passiv zu regulieren. Im Zuge dieser Forschung legten sie helle unbebrütete Waben sowie dunkle, schon bebrütete Waben (also mit Seide überzogene

Wachswände) in Kästchen mit verschiedenen hoher relativer Luftfeuchtigkeit (rL). Dabei zeigte sich nach 120 Stunden bei 90 % rL das Wachstum von Mikroorganismen; interessanterweise aber nicht auf den reinen Wachswaben, die ja kein Wasser speichern, sondern nur auf den bebrüteten Waben. Dort aber nicht innerhalb der Zellen, sondern nur auf den Zellrändern oben – warum, kann ich mir allerdings nicht erklären. Bei 60 % rL findet sich kein Mikrobewachstum.

Ellis et al. (2010) erklären das wie folgt: „Das mikrobielle Wachstum fand weitgehend an den oberen Rändern der Zellen statt, während innerhalb der Zellen wenig Wachstum beobachtet wurde. Das Fehlen von Wachstum innerhalb der Zelle ist wahrscheinlich mit der Zusammensetzung der Zellwand verbunden. Da der Rand [auf dem der Zelldeckel aufsitzt; Anm.d.V.] ein gutes Substrat für das mikrobielle Wachstum zu sein scheint, ist eine hohe Luftfeuchtigkeit in der Bienenstockatmosphäre schädlich für die Hygiene der Kolonie. Das Fächeln der Arbeiterinnen, das feuchte Luft vertreibt und durch trockenere Umgebungsluft ersetzt, scheint wichtig zu sein, um dieses mikrobielle Wachstum zu verhindern und die Verdunstung von Nektar zu erleichtern (Ellis et al. 2008). Dies passt zusammen mit der von Human et al. (2006) gemessenen Luftfeuchtigkeit zwischen Brutwaben, die zwischen etwa 40 % und 60 % rL lag; in unserem Experiment wurde bei dieser Luftfeuchtigkeit kein Wachstum beobachtet. Auch bei 90 % RH findet kein Wachstum an den Zellwänden statt (Abb. 1d), so dass eine hohe Luftfeuchtigkeit innerhalb der Zelle für eine optimale Brutentwicklung erhalten werden konnte. Tatsächlich zeigte Doull (1976), dass die Brut eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 90 % und 95 % benötigt, um erfolgreich zu schlüpfen. Ein solches Mikroklima in den Zellen hätte keine negativen Auswirkungen auf die Koloniehgiene oder die Nektarverarbeitung.“ (8) (Übersetzung durch die Verfasserin)

Weil es so interessant ist, möchte ich kurz auf die Fähigkeit der Seide eingehen, Feuchte aufzunehmen bzw. abzugeben. Von Ellis et al. (2010) erfahren wir Spannendes über die Regulation der Feuchtigkeit durch die Seide innerhalb der Zellen, die die Larven spinnen. Wir müssen zwischen der relativen Luftfeuchte in den Wabenzellen und außerhalb dieser auf der Wabenoberfläche unterscheiden. Innerhalb der Wabenzellen halten die Bienen eine hohe relative Luftfeuchtigkeit (rL) von 90-95% (9), die zur gesunden Entwicklung der Larven notwendig ist. Die Seide kann sehr viel Feuchtigkeit aufnehmen, je mehr Seide, d.h. je ältere Waben, desto mehr trägt eine solche Wabe zur Regulation der Luftfeuchtigkeit im Bienenstock bei. Ein Schwarm, der frische Waben baut, muss demnach viel mehr Energie auf die Regulation der relativen Luftfeuchte verwenden, da die passive Regulation durch die Seide ja noch fehlt. Honigbienen selbst halten sich nach einer Studie von Ellis et al. (2008) gerne dort auf, wo die rL bei 75% liegt. (10)

Ich habe diese Studie sehr ausführlich beschrieben, um ein Bewusstsein dafür zu schaffen, welchen Aufwand die Honigbienen betreiben, um ein exakt austariertes Luftfeuchteregeime innerhalb des Stockes aufzubauen. Jede Störung durch den Imker/die Imkerin zerstört dieses fein abgestimmte Regime. Welche Auswirkungen das sogar auf die Entwicklung der Varroa haben kann, können Sie in meinem Artikel „Regulation von Temperatur und Luftfeuchtigkeit durch die Honigbienen und ihr Einfluss auf Bienengesundheit und Varroaresistenz“ (11) (auf meiner Homepage bienen-dialoge.de) nachlesen.

Fielitz (1926) beschreibt, wie sich Schimmelrasen deuten lassen: Schimmelpilze können sich unter ungünstigen Bedingungen „doch in so starkem Maße im Stocke ausbreiten, daß sie ganze Wabenflächen mit ihrem Myzel überziehen, so daß daraus dem Imker ein wirtschaftlicher Schaden entstehen kann. Durch den Pilzbefall wird nicht nur der Wert des Wabenwerkes herabgemindert, sondern das Myzel kann auch durch Vernichtung der jungen Brut den Nachwuchs des Volkes in Mitleidenschaft ziehen. Das Wachstum der Schimmelpilze wird in einem Bienenvolk begünstigt außer durch die feucht-warme, ziemlich hohe Stockwärme, durch die kohlehydrat- und eiweißreichen Nährstoffe wie Honig und Pollen, sowie durch die in jedem Bienenstock in gewisser Menge vorhandene tote Bienenbrut. In noch höherem Maße können die Pilze wuchern, wenn der normale Feuchtigkeitsgehalt im Stocke aus irgendeinem Grunde zunimmt. Stets aber wird eine solche Pilzflora hier besonders gut aufkommen, wenn das Volk geschwächt worden ist. Dies kann z.B. während der Winterruhe durch die Ruhrkrankheit oder durch Futter- oder Wärmemangel herbeigeführt werden. Im Sommer können die Bösartige Faulbrut und die Nosemaseuche ebenfalls so starke Volksverluste im Gefolge haben, daß sich das geschwächte Bienenvolk der Schmarotzer nicht mehr erfolgreich erwehren kann. In solchen Fällen kann man beobachten, daß die Wabenoberflächen mehr oder weniger stark von Schimmelpilzen überzogen sind.“ (12)

7 potentiell vorhandene Gruppen von Schimmelpilzen in und auf Honigbienen und ihren Wohnungen

Grundsätzlich könnten wir meines Erachtens sieben Gruppen von Schimmelpilzen in und auf Honigbienen und ihren Behausungen finden:

- a) Schimmelpilze, die im Bienenvolk schmarotzen, also (saprophytisch) nur totes organisches Material „fressen“ und nur in Bienenwohnungen vorkommen wie z.B. *Ascospaera alvei*
- b) Schimmelpilze, die bei Anwesenheit auf jeden Fall Krankheiten hervorrufen (obligatorisch pathogen): mir sind keine solchen Arten bekannt
- c) Schimmelpilze, die zwar im Bienenstock anwesend sind, aber nur unter bestimmten Bedingungen Krankheiten, sog. Faktorenkrankheiten, auslösen (fakultativ pathogen) wie z.B. der Erreger der Kalkbrut *Ascospaera apis* oder *Aspergillus flavus*, der giftige Stoffe (Mykotoxine) abgeben kann
- d) Schimmelpilze, die wertvolle Stoffe für die Honigbienen herstellen und den Pollen veredeln: welche könnten das sein?
- e) Schimmelpilze, die den Honigbienen sozusagen Medizin gegen Viren, Bakterien und schädliche Pilze „zur Verfügung stellen“ wie z.B. *Rhizopus spec.*, nicht bestimmbar Arten der Ordnung Mucorales
- f) Schimmelpilze, die den Honigbienen nützen, aber unter bestimmten veränderten Bedingungen schaden: welche könnten das sein? (Punkt f wird hier nicht behandelt)
- g) Schimmelpilze, die symbiontisch (beide haben was davon) mit den Honigbienen zusammenleben: (Mikrobiom) der Honigbienen, welche könnten das sein? (Punkt g wird hier nicht behandelt)

Schimmelpilze, die saprophytisch auf Waben und Pollen leben können – aber nur unter bestimmten meist ungesunden Bedingungen! - a -

Artenliste (hier behandelte Arten; nicht abschließend!): *Ascospaera alvei*; *Wallemia sebi*

Viele Honigbienenforscherinnen und –forscher haben sich mit den Schimmelpilzrasen beschäftigt, die sich unter bestimmten Bedingungen im Honigbienenvolk ausbreiten, vor allem auf den Waben. Übereinstimmend kommen alle zu dem Ergebnis, dass die Schimmelrasen auf ungute Bedingungen im Stockklima hinweisen, da sie nachweisen, dass Honigbienen mit sehr differenzierten Maßnahmen genau diese Ausbreitung von Schimmelrasen zu verhindern suchen:

Betts (1912) hat sich ausführlich mit Schimmelpilzen in Bienenbeuten und im Honigbienenvolk befasst. Ihrer Auffassung nach ist es schwierig nachzuweisen, welche Pilze direkt in einem Bienenvolk leben und welche sich nur durch passende Nahrungsbedingungen dort ausbreiten. So sieht sie den Schimmelpilz *Ascospaera alvei* (= *Pericystis alvei*) als einzigen wohl nur in Bienenbeuten vorkommenden Pilz an. Grundsätzlich findet sie Pilze (Geflecht und Sporen) in einem gesunden Volk nahezu ausschließlich in gelagertem Pollen sowie im Gemüll. In einem Volk mit vielen toten Bienen allerdings breiten sich die Pilze im gesamten Stock aus. Sie zieht aus ihren Untersuchungen den Schluss, dass „keiner der hier diskutierten Pilze krankheitserregend zu sein scheint. Die Anwesenheit von viel Schimmel in einer Beute ist jedoch, wenn auch nicht die Ursache, so doch jedenfalls ein Zeichen von ungesunden Bedingungen. Es weist entweder auf eine nicht wasserdichte Beute oder auf ein schwaches Volk hin; und ist außerdem eine Quelle für viel Arbeit, die die Bienen im Frühling leisten müssen, wenn sie die harten Klumpen von verschimmeltem Pollen entfernen müssen, ein Prozess, der auch das Entfernen der Zellwände notwendig macht.“ (13)

Anmerkung: Die Liste der Schimmelpilze, die Betts untersucht hat, findet sich in der Tabelle unter der Nummer 13, sind aber auch aufgelistet Fielitz (1926)

Christensen & Gilliam (1983) ordnen den Erreger *Ascospaera alvei* als saprophytisch ein, also als Art, die nur totes organisches Material besiedelt. (14)

Über *Ascospaera alvei* schreibt Fielitz (1926): „Er schädigt das Bienenvolk durch Vernichtung eines Teils seines Pollenvorrats, indem er den mit einer dünnen Honigschicht bedeckten Pollen überzieht. Vor allem gedeiht er in einem Stocke dann gut, wenn die Feuchtigkeit während der Zeit der Winterruhe angestiegen ist.“ (12)

Dieser Schimmelpilz darf nicht mit der anderen Art *Ascospaera apis*, dem Erreger der Kalkbrut, verwechselt werden, der auch nahezu ausschließlich *Apis mellifera* zu befallen scheint.

Roland Sachs (2019, mündlich) hat eine Brutwabe mit sichtbarem Schimmelpilzbefall, die aus dem unteren Drittel einer Baumhöhle stammte, auf die Artenzusammensetzung untersuchen lassen. Festgestellt wurde die Schimmelpilzart *Wallemia sebi*, die laut Gutachten bei sensibilisierten Patienten Allergien hervorrufen kann. Diese Art wächst häufig in Innenräumen, wird aber nicht als Indikator für Feuchteschäden gewertet. Eine weitere auf der Wabe nachgewiesene Art konnte nicht bestimmt werden.

Schimmelpilze, die bei Anwesenheit auf jeden Fall zum Ausbruch einer Krankheit führen (Obligat pathogene Schimmelpilze) – b -

Artenliste: keine Arten als obligat pathogen bekannt

Ich habe während meiner Recherchen keine Untersuchung gefunden, in der ein Schimmelpilz als obligatorisch pathogen eingeordnet wurde. Dies ist etwas verwirrend, da in einigen Studien die Mykotoxine einiger Arten als tödlich gelten. Das müsste noch mal genauer untersucht werden. Glinski & Buczek (2003) listen in ihrem Artikel 5 Schimmelpilze auf, die zwar als Krankheitserreger gelten, unterscheiden diese aber nicht in obligat oder fakultativ pathogen: „(...) *Ascosphaera apis*, *Aspergillus* sp., *Trichoderma lignorum*, *Mucor hiemalis*, *Rhizopus* (...) werden als Krankheitserreger der Honigbiene angesehen“. (15) (Übersetzung durch die Verfasserin)

Schimmelpilze, die nur unter bestimmten Bedingungen zum Ausbruch einer Krankheit führen (Fakultativ pathogene Schimmelpilze) – c -

Artenliste: *Ascosphaera apis* (Erreger der Kalkbrut), *Asperillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *A. phoenicis*, *A. nomius* und andere *Aspergillus*-Arten (Erreger der Steinbrut), *Trichoderma lignorum*, *Mucor mucedo*, *Mucor hiemalis*

Burnside (1930) untersuchte, ob Schimmelpilze nur saprophytisch, also von totem organischen Material leben oder ob sie unter geeigneten Bedingungen auch gesunde Bienen und Brut angreifen und sie töten. Er isolierte Schimmelpilze sowohl auf Bienen, Larven und Waben und tätigte umfangreiche Experimente. Alle Schimmelpilzarten, die er darauf gefunden hatte griffen die Honigbienen an und töteten sie, wenn die Schimmelarten experimentell an die Honigbienen gefüttert wurden. Auch auf erwachsenen [toten?; Anm.d.V.] Arbeiterinnen, Drohnen und Königinnen fand er alle Stadien von Pilzen in und auf den Bienen. Wenn erwachsene Bienen infiziert wurden, hauptsächlich von *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten, fand er das Mycel in allen Geweben; es verursacht eine charakteristische Mumifizierung. Er warnt davor, verschimmelte Waben, die vor allem von *Penicillia*- und *Aspergillus*-Arten besiedelt werden, mit anderen Waben zusammen aufzubewahren, da sich die Sporen dieser Krankheitserreger sehr leicht auf diese ausbreiten. Auch durch Stockmeisel, Tücher, Waben etc. werden Sporen weiter verbreitet. In Völkern, die schlecht überwinterten oder über den Winter starben, fand er vor allem mit *Penicillium* verschimmelte Brutwaben. Mit *Aspergillus* verschimmelte Waben waren meist leere Honigwaben. Um zu überprüfen, ob tote Bienen erst nach dem Tod verschimmelten oder von Schimmel infiziert und dadurch getötet werden, gab er infizierte Waben zu augenscheinlich gesunden, aber schwachen Völkern. Ein erheblicher Teil der Honigbienen wurde infiziert und starb, häufig außerhalb und weiter weg von der Beute. Die Brut war ebenfalls sehr betroffen. *Aspergillus flavus*-Stämme greifen Bienen und die Brut häufiger an als andere Stämme von *Aspergillus*, aber auch *Aspergillus fumigatus* erwies sich als pathogen. Er wies nach, dass *A. nidulans*, *A. niger*, *A. glaucus* und *A. ochraceus* Honigbienen in der Natur angreifen. Wenn sie Sporen dieser pathogenen Pilze aufnehmen, keimen sie im Verdauungskanal, das Mycel durchbricht die Darmwand und schwächt oder tötet die Honigbienen, meist indem toxische Substanzen vom Pilz gebildet werden. *Mucor hiemalis* greift Honigbienen nur

unter bestimmten Bedingungen an und *Penicillium*-Arten haben die gesunden Bienen in der Natur nicht infizieren können.

Diese Ergebnisse ähneln denen von Fielitz (1926), der seine Infektionsversuche mit frei fliegenden Honigbienenenvölkern durchgeführt hat. Die Art der Infektion erfolgte durch Einhängen von Waben, auf denen die Pilzarten bis zur Fruchtkörperbildung gezüchtet worden waren. Fielitz „versuchte zu unterscheiden, ob es sich bei solchen von nichtpathogenen Pilzen mumifizierten Bienen oder Bienenmaden um Schmarotzer handelte, die vielleicht die Bienen oder Maden erst nach ihrem Tod befallen hatten, oder ob diesen Pilzen die Rolle echter Parasiten zuzuteilen sei, die unter gewissen Umständen primär eine Erkrankung und ein Absterben der Tiere hervorrufen können.“ (12) Seine Ergebnisse: *Trichoderma lignorum* ist grundsätzlich der Lage, lebende Bienen zu befallen, er findet aber keinen seuchenhaften Charakter. *Penicillium glaucum* führte in keinem Fall zu einem Befall von Bienen und Maden. *Mucor mucedo* führte unter Verwendung eines bestimmten Stammes zu einem Befall von verdeckelter Brut, der aber nur gelegentlich auftritt. (12) Interessant ist, dass er den Erreger der Kalkbrut nicht erwähnt hat! Gab es diesen damals vielleicht noch gar nicht?

Flores et al. (1996) fütterten die Larven der Honigbiene mit dem Erreger der Kalkbrut *Ascosphaera apis*. Die Forscher konnten die fast 100%ige Mumifizierung der Brut nur dann auslösen, wenn diese in den ersten 24 Stunden vor der Verdeckung auf 18° C gekühlt gehalten wurde. (16) Ein guter Beleg für die nur fakultative Pathogenität sowie die möglichen Auswirkungen von zu kalten Beuten.

Gilliam & Vandenberg (1988) durchforsteten die Literatur auf der Suche nach Schimmelpilzen, die als Krankheitserreger für Honigbienen dienen. Außer *Ascosphaera apis* wurde keiner als ökonomisch gefährlich registriert. In: (17)

Exkurs Faktorenkrankheit – fakultativ pathogene Keime

Viele Erreger kommen überall in der Natur wie auch im Bienenvolk vor und führen nicht per se zur Erkrankung. Erst wenn verschiedene Stressfaktoren zusammenkommen, wie bei uns Menschen auch, können Erreger das geschwächte Immunsystem überwinden und Krankheitssymptome ausbilden; die Erreger sind daher fakultativ pathogen und Auslöser sogenannter Faktorenkrankheiten. Dr. Ritter macht uns auf einem Vortrag über die Krankheiten der Honigbiene mit einer bitteren Wahrheit vertraut: „Wir haben es mit einem aus der Massentierhaltung bekannten Phänomen, einer „infektiösen Faktorenkrankheit“ zu tun, die wir selbst produzieren.“ In: (18). Viele Krankheiten wie Kalkbrut, Steinbrut, Nosema und auch Amerikanische Faulbrut u.a. gelten als solche Faktorenkrankheiten. Southwick (1994) und Glinski & Jarosz (2001) haben aufgezeigt, dass bestimmte Faktoren wie Pestizidvergiftung oder Stress die Honigbienen für Pilzinfektionen anfällig machen können. (19) (20) Als Stressfaktor gilt u.a. auch die intensive Honigbienenhaltung.

Foley et al. (2014) haben untersucht, welche von den 10 Arten der Gattung *Aspergillus*, die sie in Honigbienenenvölkern fanden, für die Larven pathogen sind und identifizierten *Aspergillus flavus*, *A. phoenicis* und *A. nomius*. Auch erwachsene Honigbienen können krank werden und sterben, wenn sie mit einer Sporen-Suspension dieser drei Arten gefüttert werden. *A. fumigatus*, der dort am häufigsten vorkommenste Pilz, ist (fast) nicht pathogen, genauso wie *A. niger*. Sie konnten auch zeigen, dass die

Völker unterschiedlich anfällig sind, gerade weil sich herausstellte, dass *Aspergillus*-Arten überall in Bienen, Larven, in der Stockluft und im Boden vor dem Beuteneingang in hohen Mengen vorkamen. Aber nicht jedes Volk zeigt Krankheitsanzeichen. Sie gehen davon aus, dass die Abwehrmaßnahmen auf der Ebene des Volkes greifen; zuvorderst nennen sie das Hygieneverhalten, dann die antimikrobiellen Eigenschaften des Larvenfuttersaftes, des Honigs sowie von Propolis. Sie halten die hohen Mengen von *Aspergillus* im Umfeld der Honigbienen für einen bedeutenden Stressfaktor im Hinblick auf die Gesundheit des Volkes. Dass die Larven und erwachsenen Bienen von gesunden Völkern aber im Experiment bei Fütterung mit bestimmten *Aspergillus*-Arten krank wurden, obwohl diese Arten in diesen Völkern vorhanden waren, lässt darauf schließen, dass die Honigbienenenvölker grundsätzlich mit den Pilzen koexistieren können, ohne krank zu werden. (21)

Keller et al. (2014) erforschten, ob der Befall eines Honigbienenvolkes durch das Brasilianische Sackbrutvirus erst möglich wurde, weil das Volk schon durch bestimmte Schimmelpilze bzw. durch deren Gifte (Mykotoxine) geschwächt war: „*Aspergillus flavus*, *A. niger*-Stämme, *A. fumigatus* sind entomopathogene [Pilz kann als Parasit von Insekten wirken und diese töten oder ernsthaft behindern; Anm. d. Verf.] Spezies der Honigbienen, die die Absenkung der Immunreaktion verursachen können und die Honigbienen damit anfällig machen für die Infektion durch andere Krankheitsüberträger und Infektionserreger“, schreiben sie und beziehen sich mit dieser Aussage auf die Arbeit von Glinski & Buczek (2003). Gemeint damit ist, dass Aflatoxine direkt auf das Zentralnervensystem wirken, das endokrine System beeinflussen und somit die innere Abwehr der Bienen beeinträchtigen.

Die Forschergruppe transferierte Honigbienenenvölker aus Region A in Region B. Nur in Region B war die Brasilianische Sackbrut ausgebrochen. 15 Tagen nach dem Eintreffen der Bienenstöcke aus Region A in Region B nahm die Pilzinfektion durch bestimmte Arten in der Mehrzahl der Bienenstöcke aus Region A zu, und zwar dramatisch, vor allem im Bienenbrot und auf erwachsenen Honigbienen. Noch unbekannte Faktoren in dieser Landschaft und Umgebungsbedingungen begünstigten offenbar Pilzinfektionen. Im Bienenbrot wurde folgende Gattungen und Arten isoliert - bezogen auf die Häufigkeit: *Cladosporium spp.* (Region A: 100%, Region B: 75%), ***Aspergillus* (Region A: 50%, Region B: 75%)**, *Trichoderma* (Region A: 50%, Region B: -), *Wallemia* (Region A: 25%, Region B: -), ***Fusarium* (Region A: - , Region B: 50%)**, ***Penicillium* (Region A: - , Region B: 50%)**, ***Paecilomyces* (Region A: - , Region B: 25%)** (22)

„Alle identifizierten Arten waren potenzielle Mykotoxinproduzenten: *Penicillium citrinum* - Citrinin; *Aspergillus flavus* - Aflatoxine; und *Aspergillus niger*- *Aggregate* - Ochratoxin A. Bei Anwesenheit der drei wichtigsten Mykotoxin produzierenden Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* und *Fusarium* wurde jedoch eine starke Besiedlung durch eine diversifizierte Pilz-Mikrobiota beobachtet. (...) Die Hinweise zeigen, dass sich die Krankheitserreger leicht in bevölkerten Bienenstöcken ansiedeln konnten und in Zeiten, in denen die Tracht reichlich war, setzten diese Krankheitserreger Mykotoxine frei und breiteten sich, für die Honigbienen kaum wahrnehmbar – weiter aus und sorgten für hohe Verluste der Brut. (...) Es ist möglich, dass die Sammlerinnen die Überträgerinnen für die Erreger sind und dass das Sammeln von Pollen und die anschließende Umwandlung in Bienenbrot die Besiedlung des Bienenstocks mit Pilzen begünstigt und somit die Larven direkt beeinflusst.“ (22) (Übersetzung durch die Verfasserin)

Anmerkung: Ich konnte aus dieser Forschungsarbeit leider nicht ersehen, ob die in Region B verstellten Völker aus Region A im Lauf der Zeit ebenfalls an Brasilianischer Sackbrut erkrankt waren und ich konnte auch nicht ersehen, inwieweit die Mykotoxine nur in Völkern in Region B produziert wurden. Insofern kann ich die Schlussfolgerung nicht nachvollziehen, die die Forscher getroffen haben.

In jedem Fall muss Folgendes in Betracht gezogen werden: wenn Honigbienen verschimmelte Waben „sauber lecken“ – was ihnen nach Aussage vieler Imker*Innen nichts ausmache – muss damit gerechnet werden, dass die Schimmelpilze Mykotoxine produziert und freigesetzt haben, die die Honigbienen dann aufnehmen und gegebenenfalls auch an die Brut weitergeben. Da wir das nicht ausschließen können, warne ich dringend davor, diese Praxis fortzuführen!

Schimmelpilze als Spender wertvoller Nahrungsstoffe und Medizin – und die wesentliche Rolle von Pollen! – d -

Gilliam (1997) hat in einem sogenannten „Review-Artikel“ viele wissenschaftliche Untersuchungen zur Rolle von nicht-pathogenen Mikroorganismen ausgewertet. Ich gebe hier die interessanten Informationen von verschiedenen Autorinnen und Autoren zusammengefasst wieder:

Eier, Larven, Puppen und frisch geschlüpften Honigbienen sind in der Regel frei von Mikroorganismen. Wenn Larven Keime aufnehmen, dann durch die Fütterung. In der Regel scheiden sie diese aber vor der Verpuppung aus. Frisch geschlüpfte Honigbienen bauen sich mit der Zeit durch den Verzehr von Nektar und Pollen eine Darmflora auf. Weniger als 20% der erwachsenen Bienen tragen Mikroben auf der Körperoberfläche, da sich die Bienen i.d.R. ausführlich säubern (Grooming). Die am häufigsten gefundenen Pilze im Verdauungskanal der Honigbienen sind Arten der Gattungen *Penicillium* und *Aspergillus*. Nicht alle Bienen enthalten Pilze und auch die Völker unterscheiden sich hinsichtlich der Anzahl von Pilz-beherbergenden Bienen. Ein Grund liegt in den Resistenz-Mechanismen. Durchschnittlich finden sich Pilze vor allem im Herbst und Winter in den Bienen. Pilze (incl. Hefen) und Bakterien sind die vorherrschenden Mikroben in Pollen und Bienenbrot. Pilze stellen 55% der Mikroben im Pollen und 85% der Mikroben im Bienenbrot. Es scheint, als ob Honigbienen Mikroben-Farming betreiben. Die häufigsten Pilze, mit denen sie die Pollen impfen, sind *Aureobasidium pullulans*, *Penicillium corylophilum*, *Penicillium crustosum* und *Rhizopus nigricans*. Die häufigsten Schimmelpilze im Pollen sind Penicillia, Mucorales und Aspergilli. Blütenpollen, Höschepollen und Bienenbrot unterscheiden sich im vorherrschenden Artenspektrum: *Mucor sp.* in Pollen, Penicillia in Höschepollen und Bienenbrot nach 1 Woche gelagert, Aspergilli und Penicillia im Bienenbrot nach 3 Wochen gelagert und Aspergilli im Bienenbrot nach 6 Wochen gelagert. (23)

Viele chemische und organische Verbindungen, die die Honigbienen für ihren Stoffwechsel benötigen, scheinen vom Pollen zu stammen, wie z.B. Trypsin und Lipasen. Einige Schimmelpilze produzieren in Bienenvölkern höhere Dosen an antimikrobiellen Substanzen als in der Erde oder auf Essen. Aminosäuren werden ebenfalls von Pollen und Mikroorganismen beigesteuert. Die Schimmelpilze in Pollen und Bienenbrot produzieren Enzyme, die für den Fett-, Protein- und Kohlehydratstoffwechsel nötig sind. Einige Schimmelpilze produzieren Antibiotika, organische Säuren, Enzyme und Fette. (23)

Ich möchte an dieser Stelle noch etwas genauer auf die wichtige Rolle des Pollen in Zusammenhang mit Schimmelpilzen eingehen und zu folgenden Gedanken anregen: ist es klug, Rähmchen mit Pollen

aus dem Volk zu entnehmen, da die Honigbienen diesen angeblich nicht mehr bräuchten? Ist es unproblematisch, Pollen verschimmeln zu lassen, weil das Beutenklima ungünstig ist?

Das Forscherinnenteam um Martha Gilliam (1989) erforschte die Schimmelpilze in Mandelpollen aus Blüten, Pollenhöschen und Bienenbrot: „Die am häufigsten auftretenden Schimmelpilze waren Penicillia (32%), Mucorales (21%) und Aspergilli (17%). (...) Jeder Pollentyp schien im Hinblick auf die Schimmelflora und die dominierenden Arten verschieden zu sein. (...) Die meisten Schimmelpilze produzierten Caprylat-Esterase-Lipase, Leucin-Amino-peptidase, saure Phosphatase, Phosphoamidase, β -Glucosidase und N-Acetyl- β -Glucosaminidase. Dies bedeutet, daß die untersuchten Pollenschimmel Enzyme des Protein-, Fett- und Kohlehydratstoffwechsels produzieren. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, daß die Schimmelflora in Höschenpollen und im Bienenbrot ein Ergebnis folgender Einflüsse ist: mikrobielle Inokulation (Animpfung, Anm. der Verf.) und chemische Veränderung des Pollens durch Zugabe von Honigmageninhalt durch die Biene; Drüsensekretion sowie mikrobielle Fermentation, die manche Schimmelarten tolerieren, andere nicht. Obwohl Schimmelpilze in unseren Proben weit zahlreicher waren als *Bacillus spp.* oder Hefen, wurde der Pollen selten von Schimmel überwachsen. Die Schimmelpilze sollten als potentielle Spender von Enzymen, organischen Säuren, Antibiotika und anderer Metabolite intensiver untersucht werden.“ (17) (Übersetzung durch die Verfasserin) Es könnte nämlich sein, folgern sie, dass diese Stoffwechselprodukte auch gegen für Honigbienen schädliche Mikroorganismen wirken. (17)

Schimmelpilze als Abwehr gegen den Schimmelpilz *Ascosphaera apis* (Kalkbruterreger) – e -

Artenliste: *nicht identifizierte Arten* aus der Ordnung Mucorales, *Rhizopus spec.*, *Mucor spinosus*, *Rhizopus arrhizus*, Aspergilli wie z.B. *Aspergillus tamarii*

Die Forscherin Gilliam hat mit Kolleginnen und Kollegen (1988) die Ursachen der Resistenz mancher Honigbienenstöcke gegen die Kalkbrut, ausgelöst vom Schimmelpilz *Ascosphaera apis*, untersucht. Sie stellten fest, dass die Ursachen für die Resistenz in der Fähigkeit der Honigbienen liegt, befallene Brut zu erkennen und schnell auszuräumen (Hygieneverhalten); zudem sind die Sporen von *Ascosphaera apis* weniger langlebig und die Kontamination von Bienen, Brut und Vorräten wird verringert. Sie fanden aber auch heraus, dass in resistenten Völkern mehrere andere Schimmelpilzarten im Bienenbrot vorhanden waren als in anfälligen Völkern; diese wurden wohl auch aktiv von den Sammlerinnen eingetragen; diese Schimmelpilze (*nicht identifizierte Arten* aus der Ordnung Mucorales sowie *Rhizopus sp.*) produzierten auf den Agar-Platten auch Stoffe, die den Kalkbrut-Pilz hemmen. Trotzdem zeigten sie, dass die Resistenz nicht in erster Linie davon abhing, regten aber weitere Forschungen zum Thema „Möglicher Einfluss von Bienenbrot und Pilzabwehrstoffen auf die Hemmung von Pilzwachstum“ an. Während andere Forscher zudem herausfanden, dass bestimmte Inhaltsstoffe im Larven-Futtersaft das Wachstum von *Ascosphaera apis* hemmen können, konnten Gilliam et al. (1988) das nicht bestätigen, regten aber auch hierzu weitere Forschungen an. (24)

Im weiteren Verlauf der Forschungen zeigte sich, dass Mikroorganismen auch antimykotische Substanzen im Darm der Honigbienen herstellen. Diese Mikroorganismen werden dann dem Pollen beigemischt. Die Liste der Schimmelpilze, die aktiv das Wachstum von *A. apis* hemmen, wurde durch

die Forschungen auch erweitert, und zwar um *Mucor spinosus*, *Rhizopus arrhizus* und Aspergilli wie z.B. *Aspergillus tamarii*. (23)

Einige Forschungsergebnisse lassen ja vermuten, dass die Anwesenheit von gesundheitsfördernden Schimmelpilzen wie *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* und *Cladosporium* einen regulierenden Effekt auf den Ausbruch der Kalkbrut ausüben könnten. (24) Wenn wesentlich weniger Pilze nachweisbar sind, vor allem auch eine geringere Menge von *Aspergillus*, wie auch in Yoder et al. (2013) (25) ermittelt, so könnte das die Anfälligkeit für Krankheiten wie die Kalkbrut erhöhen. (25)

Welche Auswirkungen haben Fungizide (Spritzmittel gegen Pilze) auf die Gesundheit der Honigbienen?

Pollen wird mit Hilfe von Pilzen in Bienenbrot umgewandelt bzw. fermentiert. Es könnte sein, dass der Wert des Larven- und Bienenfutters „Pollen“ von der Zusammensetzung der Pilzarten abhängen könnte. Yoder et al. (2013) interessierten sich für diesen möglichen Zusammenhang sowie für die Auswirkung von Pilz-Spritzmitteln auf den Wert des Futters. Zuerst einmal aber untersuchten sie die Pilzflora im Bienenbrot verschiedener Bienenvölker an verschiedenen Standorten. Der erste (Standort Arizona) war von Fungizid-Spritzungen verschont, der zweite (Standort California) lag im Umfeld von Spritzungen und der dritte (Washington) war direkt davon betroffen. Die Ergebnisse:

- „Die meisten der Bienenvölker, die nachweisbare Rückstände von Fungiziden hatten, zeigten Beweise für Kalkbrut-Symptome (...).“ (25)
- Völker, die den Pilz-Spritzungen nicht ausgesetzt sind, weisen eine sehr reichhaltige Pilzflora auf und jedes Volk seine einzigartige Zusammensetzung: „Die prozentuale Zusammensetzung der individuellen Pilzkomponenten des Bienenbrots variierte in der Weise, dass nicht zwei Völker identisch waren mit Ausnahme der Pilzgattungen *Aspergillus* und *Penicillium*, die überall gleich vorherrschend waren.“ (25)
- Die Fungizide sind verantwortlich für die Absenkung der Pilzmenge in fungizid-belastetem Bienenbrot.
- Die Zusammensetzung der Pilzflora des Bienenbrotes und die Verunreinigung mit Pilzmitteln sind das Produkt der Pilz-Spritzungen in der Umgebung
- Pilz-Spritzmittel finden ihren direkten Weg in ein Bienenvolk über den verunreinigten Pollen, den die Bienen eintragen
- Die Zusammensetzung der Pilzarten im Bienenbrot lässt sich wie folgt zusammenfassen: Große Anteile von *Aspergillus* und *Penicillium*, gefolgt von *Cladosporidium* und *Rhizopus* und mit wechselnden weiteren Pilzarten.

FAZIT: Naturnahe Bienenhaltung und damit auch gedämmten Beuten– Wie können wir als Imkerinnen und Imker unsere Honigbienenvölker vor Krankheiten schützen

Leider müssen wir feststellen, dass wir Imkerinnen und Imker zu den größten Verursachern von Krankheiten bei den Honigbienen zählen. Wir müssen die wissenschaftliche Erkenntnis ehrlich an uns heranlassen, dass die sogenannten „Infektiösen Faktorenkrankheiten“, die wir in der Massentierhaltung finden, auch unsere Honigbienen krank gemacht haben und krank machen und das nur, weil wir die Honigbienen in der Imkerei so ähnlich halten wie die Landwirte ihre Rinder und Hühner. Zu viele Völker an einem Standort, diese zu nah aneinander, Waben mit Brut und Zuckerwasser werden sorglos von einem Volk ins andere transferiert, der Stockmeisel wird nicht mit Feuer desinfiziert, alles „Maßnahmen“, die kostenlos Sporen von Schimmelpilzen, Bakterien und anderen Erregern lustig von einem Volk ins andere verteilen. Völker, die gar nicht stark mit Varroa belastet werden, werden „vorsorglich“ auch mit Ameisensäure oder sogar Antibiotika behandelt und weil viel ja viel hilft, auch mehrmals. Dadurch züchten wir noch ansteckendere Mikroorganismen, ohne Not! Wir schütten überflüssige Bienen aus vielen Völkern zu sogenannten Brutablegern zusammen und verteilen so munter alle Krankheitserreger auf alle Bienen. Und und und.

Verschimmelte Waben entnehmen. Die Gefahr, dass die Honigbienen Mykotoxine zu sich nehmen, wenn sie die Waben von den Schimmelpilzen säubern, ist viel zu groß!

Auf die Art der Beuten achten! Sie müssen so konstruiert sein, dass sie nicht zu Schimmelbildung neigen! Gedämmte Beuten sind die richtige Wahl. Ich werde später noch ausführlich darüber schreiben.

Wir müssen Verflug vermeiden. Wir dürfen nicht...ich brauche hier keine Liste aufzählen. Sie wissen selbst, was Sie eigentlich unterlassen müssten. Wenn Ihnen Ihre Honigbienen am Herzen liegen und diese gesund werden sollen, halten Sie Ihre Bienen naturnah und behandeln Sie sie nicht wie Teile eines Ersatzteillagers.

Exkurs: Definitionen für Parasit, Pathogen, Kolonisierung, Amphibiosis, Pathobiont, Mykose, Mikrobiom

Kolonisierung: Mikroben leben zunächst nur in und auf einem Organismus, tun diesem aber dabei nichts. Eine Kolonisierung ist zwar eine der Hauptvoraussetzungen für eine Krankheit, reicht aber noch lange nicht dafür aus. Die meisten kolonisierten Organismen sind kerngesund und die Mikroben gehören sogar meistens zum körpereigenen Mikrobiom (3)

Amphibiosis: Eine Mikrobe (z.B. ein Bakterium) ist ein wichtiger Beschützer der Gesundheit des Wirtes, kann aber gleichzeitig gelegentlich ein Pathogen sein. Die Mikrobe interagiert also entweder symbiotisch oder parasitisch, je nach Umgebung oder inneren Bedingungen des Wirtes, sie ist mal „Freund“ und mal „Feind“. Dadurch wird der Natur bei scharfem Selektionsdruck die Möglichkeit zu unzähligen fein abgestimmten Interaktionen gegeben. Nahezu alle Mikroben,

	die einen Organismus (auch den Menschen) besiedeln, weisen diese Dichotomie auf und können als Pathobiont angesprochen werden (3)
Pathobiont:	Ein Organismus, der unter bestimmten Umständen dem Wirt gefährlich werden, also pathogene Eigenschaften entwickeln kann, normalerweise aber als Symbiont in gewinnbringender Gegenseitigkeit mit dem Wirt lebt (3)
Metaorganismus:	„Ein Zusammenschluss aus einem pflanzlichen oder tierischen Wirtsorganismus [z.B. Honigbiene, Katze, Mensch, etc.; Anmerkung d. Verfasserin.] und der synergistischen Interaktion mit Bakterien, Archaeen, Pilzen, Viren sowie auch zahlreichen eukaryotischen Arten wie den symbiontischen Algen der Korallen“ (1)
Holobiont:	„Alle tierischen und pflanzlichen Organismen sind, biologisch gesehen, keine Individuen, sondern bilden mit kolonisierenden Bakterien [und Viren, Pilzen, etc.; Anm.d.V.] eine Einheit, einen sogenannten „Holobiont“. Der Begriff leitet sich aus den griechischen Wortstämmen „holos“ (= ganz) und „bios“ (= Leben) zusammen und bezeichnet damit etwas unscharf eine Art Lebensgemeinschaft“. (1). Wir beachten: Die Honigbiene wie auch der Mensch sind also als Holobionten aufzufassen
Mikrobiom:	Das Mikrobiom bezeichnet die Gesamtheit aller einen Organismus (z.B. Honigbiene, Katze, Mensch, etc.) besiedelnden Mikroorganismen, die sich zum Großteil aus Bakterien, aber auch aus Viren, Pilzen, etc. zusammensetzen. Der Begriff wurde von Joshua Lederberg in Anlehnung an den Begriff des Genoms geprägt, da die Mikroflora eines Organismus als Teil des Stoffwechselsystems dieses Organismus maßgeblichen Einfluss auf diesen Organismus hat. Die meisten der einen Organismus besiedelnden Mikroben sind keine! Krankheitserreger, sondern dienen der Entwicklung des Organismus und dem Schutz vor möglichen infektiösen Erregern (Pathogenen); das Mikrobiom fungiert also auch als Teil des Immunsystems eines Organismus (1)
Pathogen:	Krank machende Mikroben (z.B. Bakterien, Pilze, Viren), die Infektionen auslösen können
Fakultativ pathogen:	Infektionen durch fakultativ pathogene Pilze oder Bakterien werden durch Erreger verursacht, die ubiquitär (überall) vorkommen und die nur unter bestimmten Voraussetzungen (z.B. Immunsuffizienz, verstärkte Virulenz, lokale Faktoren) zu einer Erkrankung führen. Solche Erreger sind häufig Teil des körpereigenen Mikrobioms!
Obligat pathogen:	Erreger, die auch bei einem gesunden Wirt Krankheiten verursachen, d.h., die immer zum Ausbruch der entsprechenden Krankheit führen. Der Erregernachweis hat immer Krankheitswert
Parasit:	Auf oder in anderen Organismen lebende Art, die sich von ihrem Wirt ernährt
Fakultativer Parasit:	Parasit, der sich sowohl auf lebenden Organismen als auch auf totem Material ernähren kann

Obligatorischer Parasit:	Auf oder in anderen Organismen lebende Art, die auf totem Material nicht wachsen kann
Schwächeparasit:	Parasit, der nur bei geschwächten oder geschädigten Organismen angreifen kann
Mykotoxin:	Schimmelpilzgift
Mykose:	Durch Pilze verursachte infektiöse Erkrankung

Durch Schimmelpilze verursachte Krankheiten des Menschen

„Zwei spezifisch durch Schimmelpilze hervorgerufene Krankheiten, sog. Mykosen, seien an dieser Stelle kurz erwähnt.

- Aspergillom: Knötchenartige, von Pilzhyphen durchwucherte Verdickungen bis zu Erbsengröße im Lungengewebe, ev. auch anderen Organen, nach inhalativer Infektion mit Konidien einiger *Aspergillus*-Arten.
- Aspergillose: Schwere Erkrankung, die durch das Einatmen großer Mengen Pilzkonidien ausgelöst wird. (...) Inkriminiert sind neben *A. fumigatus* als Hauptverursacher *A. flavus*, *A. niger*, *A. nidulans*, *A. versicolor* und *A. terreus* (GEDEK 1980). Die infektiöse und invasive Qualität von *A. fumigatus*, der auch häufig in Blumentopferde gefunden wurde, ist unbestritten; bei den anderen Arten wird Opportunismus diskutiert.“ (4)

Tabelle 1: Zusammenstellung Sigrun Mittl: Liste der Pilzarten, (zusammengestellt aus der ausgewerteten Literatur), die in und um die Honigbienen gefunden wurden, ihre gesundheitsfördernde oder pathogene Wirkung, Mykotoxine und Ort, wo diese Schimmelpilze gefunden wurden

Pilzart	Gesundheitsfördernd	Pathogen	Mykotoxin/Potentiell pathogen oder Antibioticum! Welches	Bedeutung im Bienenvolk; wo wurden Schimmel gefunden
Absidia sp. (Mucorales)	Ja (25)	kAg	Keine Mykotoxine bekannt	Bienenbrot (25)
Alternaria sp. (25)	Ja (25)	kAg	Alternariol (antibiotisch und giftig für HeLa-Zellen); Tentoxin	Bienenbrot (25)
Alternaria tenuis (17)	Keine Angaben Gefunden (kAg)	kAg	kAg	Blütenpollen, Bienenbrot 1Woche gelagert (17)
Alternaria tenuissima (23)	kAg	Nein (23)	kAg	Verdauungstrakt gesunder Honigbienen (23)
Arthrinium phaeospermum (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 1 Woche (17)
Ascosphaera apis (= Pericystis apis) (12) (16) (26) (21)	kAg	Ja (26) (15) (16)	kAg	Kalkbrut, pathogen nur unter bestimmten Bedingungen Faktorenkrankheit, Befällt Bienenbrut aller Entwicklungsstadien; Vorliebe Drohnenbrut (12); aus Larven (21); mumifizierte Brut (26)
Ascosphaera alvei (=Pericystis alvei) (27) (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	kAg	Schädigt das Bienenvolk (12); echter „Beuten-Pilz“, an Leben in Beute angepasst, nur im Pollen in Waben (13)
Aspergillus sp. (22) (25)	Ja (25)	(15) JA/NEIN??	Ca. 150 Arten, von denen viele Mykotoxine, aber auch Antibiotika, bilden z.B. Aspergillin (antibiotisch, antiviral) Penicillinsäure (antibiotisch, cancerogen)	Fielitz;Schmarotzer nicht pathogen, Selten in lebenden Bienen; des öfteren in toten Bienen (28); Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); Bienenbrot (25)
Aspergillus alliaceus (24)	Ja (24)	kAg	Ochratoxin A; Kojisäure; Penicillinsäure	Bienenbrot (24)
Aspergillus amstelodami (29) (17)	kAg	kAg	Sterigmatocystin (Hepatotoxin; Kanzerogenität)	Aus Darminhalt gesunder Sammlerinnen (29); Bienenbrot nach 3,6 Wochen (17)
Aspergillus effusus (26)	kAg	Ja (26)	kAg	
Aspergillus glaucus (13) (26)	kAg	kAg	Koyisäure (mutagen) Ochratoxin A (Nephrotoxin; Immunsuppression; Embryotoxizität u. Teratogenität; Kanzerogenität)	In: Fielitz Schmarotzer nicht pathogen?; vor allem nachdem Volk gestorben ist (13)
A. nidulans (13) (26)	kAg	Ja (26)	Sterigmatocystin (Hepatotoxin; Kanzerogenität) Koyisäure (mutagen)	In: Fielitz Schmarotzer nicht pathogen?; vor allem nachdem Volk gestorben ist (13)

			Aspertoxin (hepatocancerogen)	
Aspergillus flavus (12) (22) (30) (26) (24) (17) (25) (21) (23) (22)	Ja (24)	Nein (23) Ja (26) (25) (21) (22)	Aflatoxine, z.B. B1 (Hepatotoxin; Immunsuppression; Embryotoxizität u. Teratogenität; Kanzerogenität) β-Nitropropansäure Sterigmatocystin (Hepatotoxin, Kanzerogenität) Koyisäure (mutagen); Aspergillusäure	Pathogen – tötet Brut und erwachsene Bienen (12); auch schädlich für Mensch! ;Verdauungstrakt gesunder Honigbienen (23); Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); tote Bienen, Besen, Luft (30); Bienenbrot, Honig, Darm Sammlerinnen (24); Bienenbrot nach 1,3,6 Wochen (17); Bienenbrot (25); pathogen für Larven und Bienen im Labor (21); aus Darm erwachsener Bienen, kleinen Larven (21)
Aspergillus flavus-oryzae (26)	kAg	Ja (26)	kAg	Toten Bienen und ihrer Brut (26)
Aspergillus flavus var. columnaris (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 6 Wochen (17)
Aspergillus fumigatus (26) (21)	kAg	Ja (26) (21) (22)	kAg	Bei Larven und Bienen im Labor leicht pathogen, kein Tod (21); aus Darm erwachsener Bienen, großen Larven, Ammenbienen, Luft (21)
A. nidulans (13) (26)	kAg	Ja (26)	Sterigmatocystin (Hepatotoxin; Kanzerogenität) Koyisäure (mutagen) Aspertoxin (hepatocancerogen)	In: Fielitz Schmarotzer nicht pathogen?; vor allem nachdem Volk gestorben ist (13)
Aspergillus niger (22) (23) (24) (17) (25) (22)	(24) (25)	Nein (21) (23); Ja (22)	Ochratoxin A (Nephrotoxin; Immunsuppression; Embryotoxizität u. Teratogenität; Kanzerogenität); Maltoryzin A (greift Leber, Nieren und Gastrointestinaltrakt an)	Verdauungstrakt gesunder Honigbienen (23); Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); Bienenbrot, Darm von Sammlerinnen und Ammenbienen, Honig (24); Blütenpollen, Höschchenpollen, Bienenbrot nach 3,6 Wochen (17); Bienenbrot (25); aus Larven, großen Larven, Darm von Ammenbienen (21)
Aspergillus nomius (21)	kAg	Ja (21)	kAg	Bei Larven und Bienen im Labor pathogen (21); aus Darm von erwachsenen Bienen (21)
Aspergillus ochraceus (26) (21)	kAg	Ja (26)	Ochratoxin A; Penicillinsäure (carcinogen); Citrinin (hepatotoxisch, nephrotoxisch; nephrocancerogen)	Luft (21)
Aspergillus oryzae (26) (21)	kAg	Ja (26) Nein (21)	Maltoryzin (neuro- und hepatotoxisch)	Aus Larven, Luft (21)
Aspergillus parasiticus (26)	kAg	Ja (26)	Aflatoxin B1 (extrem giftig);	
Aspergillus phoenicis (21)	kAg	Ja (21)	kAg	Bei Larven und Bienen im Labor pathogen (21); aus Darm von Ammenbienen u. erwachsenen Bienen (21)
Aspergillus repens (31)	kAg	kAg	kAg	Waben, Bienen, Darm der Bienen (31)
Aspergillus sclerotiorum (21)	kAg	Nein (21)	Ochratoxin A; Penicillinsäure;	Aus Darm von Ammenbienen (21)
Aspergillus tamarii (24) (23)	Ja (24) (23)	kAg	kAg	Bienenbrot (24)

Aspergillus terreus (24)	Ja (24)	kAg	kAg	Darm Sammlerinnen (24)
Aspergillus tubingensis (21)	kAg	Nein (21)	kAg	Aus Darm von Ammenbienen (21)
Aspergillus ustus (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 3 Wochen (17)
Aspergillus ventii (24)	Ja (24)	kAg	kAg	Darm Sammlerinnen (24)
Aspergillus versicolor (22) (17) (21)	kAg	Nein (21)	Aspertoxin (hepatocancerogen) Cyclopiazonsäure (neurotoxisch)	Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); Höschenpollen (17); aus großen und kleinen Larven (21)
Aureobasidium sp. (24) (25)	Ja (24) (25)	kAg	kAg	Darm Ammenbienen (24); Bienenbrot (25)
Aureobasidium pullulans (15) (17)	kAg	(15)	kAg	Höschepollen, Bienenbrot nach 1Woche (17)
Bipolaris (25)	Ja (25)	kAg	kAg	Bienenbrot (25)
Botryotricum sp. (31)	kAg	kAg	kAg	Waben, Bienen, Darm der Bienen (31)
Chaetomium elatum (17)	kAg	kAg	Chaetoglobosin A (C. globosum!) (cytotoxisch, hemmt Zellteilung)	Bienenbrot nach 6 Wochen (17)
Chaetomium pilosum (17)	kAg	kAg	Oosporein (C.spec.)	Bienenbrot nach 6 Wochen (17)
Citromyces glaber (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	kAg	Aus lebendem Volk, gezüchtet aber auf Material eines toten Volkes (13)
Citromyces subtilis (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	kAg	Sehr häufig in Beute (13)
Cladosporium sp. (29) (22) (25)	Ja (25)	kAg	kAg	Aus Darminhalt gesunder Sammlerinnen (29); Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); Bienenbrot (25)
Cladosporium herbarum (32)	kAg	kAg	Gibberelline. Mycel-Extrakte für Hühnerembryonen und manche Warmblüter toxisch	Von Honigwaben gezüchtet (32)
Cladosporium cladosporioides (17) (23)	kAg	Nein (23)	kAg	Verdauungstrakt gesunder Honigbienen (23); Blütenpollen, Höschepollen, Bienenbrot nach 1, 3 und 6 Wochen (17)
Cladosporium herbarum (17)	kAg	kAg	kAg	Höschepollen, Bienenbrot nach 1Woche (17)
Cladosporium sphaerospermum (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot 3 Wochen nach Eintrag (17)
Curvularia inequalis (24)	Ja (24)	kAg	kAg	Honig (24)
Curvularia lanata (24)	Ja (24)	kAg	kAg	Bienenbrot (24)
Eremascus fertilis (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	kAg	Auf Pollen (13)
Fusarium sp. (22) (24) (25) (21)	Ja (24) (25)	Ja (22)?	Fusarenon-X (cytotoxisch, dermatotoxisch) Neosolaniol (Haut reizend, sehr giftig)	Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); Bienenbrot (24) Bienenbrot (25); aus Larven (21)

Fusarium oxysporum (21)	kAg	kAg	kAg	Aus Larven (21)
Fusarium tricinctum (21)	kAg	kAg	kAg	Aus Boden vor Beuteneingang (21)
Geotrichum sp. (31)	kAg	kAg	kAg	Waben, Bienen, Darm der Bienen (31)
Gymnoascus setosus (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	kAg	Bevorzugt in leeren Brutzellen, aber auch auf Waben und in Pollenzellen (13)
G. ruber (13)	kAg	kAg	kAg	Nur in einem toten Stock gefunden (13)
Ordnung Mucorales, nicht identifizierte Arten (24)	Ja (24)	kAg	kAg	Bienenbrot, Darm Sammlerinnen und Ammenbienen (24)
Mucor sp. (24) (17) (25)	Ja (24) (25)	kAg	Mykotoxine wurden bisher noch keine gefunden	Von mumifizierten Bienen gezüchtet; Frage Schmarotzer oder pathogen? (33); Darm Sammlerinnen (24); Blütenpollen (17); Bienenbrot (25)
Mucor erectus (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	Mykotoxine wurden bisher noch keine gefunden	Saprophytisch auf toten Bienen, eher nicht in gesundem Volk (Sporen aber überall) (13)
Mucor hiemalis (31) (26)	kAg	Ja (26) (15)	kAg	Waben, Bienen, Darm der Bienen (31)
Mucor mucedo (32) Fadenpilz (Fielitz)	kAg	kAg	Mykotoxine wurden bisher noch keine gefunden	Von Honigwaben gezüchtet (32); Sporen im Hinterleib toter Bienen, besonders an Leibessegmenten zu Fäden ausgewachsen (in: (12));
Mucor spinosus (24)	Ja (24) (23)	kAg	kAg	Darm Sammlerinnen, Bienenbrot (24)
Mucor racemosus (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 3 Wochen (17)
Mycelia sterilia (25)	Ja (25)	kAg	kAg	Bienenbrot (25)
Nosema apis	kAg	kAg	kAg	Keine Schimmelpilze! Befällt ältere Honigbienen
Nosema ceranae	kAg	kAg	kAg	Befällt ältere Honigbienen
Oospora favorum (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	Oosporein (Wachstumshemmer)	Vor allem auf alten Brutwaben, auch auf Wachs der Kokons und in Pollenwaben (13)
Paecilomyces sp. (22) (25)	Ja (25)	Ja (22)?	Bysochlaminsäure (P. variotii)(Zellgift)	Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); Bienenbrot (25)
Paecilomyces varioti (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 3,6 Wochen (17)
Penicillium sp. (32) (24) (25)	Ja (24) (25)	kAg	Viele verschiedene Mykotoxine, aber auch Antibiotika; Aspergillin (antibiotisch, antiviral); Oosporein (Wachstumshemmer)	Aus Darm toter Bienen (32); Selten in lebenden Bienen; des öfteren in toten Bienen (28); Darm Sammlerinnen, Bienenbrot (24); Bienenbrot (25)
Penicillium aurantiogriseum (30)	kAg	kAg	kAg	tote Bienen, Besen, Luft (30)
Penicillium brevicompactum (17)	kAg	kAg	Mykophenolsäure	Blütenpollen, Höschepollen (17)
Penicillium chrysogenum (17)	kAg	kAg	OchratoxinA; Penicillinsäure; Patulin (allgemeines Zellgift); Penicillin (antibiotisch)	Höschepollen, Bienenbrot nach 3 Wochen (17)
Penicillium citrinum (22)	kAg	kAg	Citrinin (hepatotoxisch, nephrotoxisch, nephrocancerogen)	Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22)

Penicillium commune (21)	kAg	kAg	Roquefortin (neurotoxisch, paralytisch)	Aus Darm von Ammenbienen (21)
Penicillium conditaneum (32)	kAg	kAg	kAg	Von Honigwaben gezüchtet (32)
Penicillium corylophilum (17)	kAg	kAg	kAg	Höschepollen, Bienenbrot nach 1,3,6 Wochen (17)
Penicillium cyclopium (17) (23)	kAg	Nein (23)	Cyclopiazonsäure (neurotoxisch); Patulin; Penicillinsäure, OchratoxinA; Rugulosin (carcinogen)	Verdauungstrakt gesunder Honigbienen (23); Blütenpollen, Bienenbrot nach 1,3,6 Wochen (17)
Penicillium crustaceum (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	kAg	Überall in Beute zu finden, am meisten aber nach Tod des Volkes (13)
Penicillium crustosum (17) (21)	kAg	kAg	kAg	Höschepollen, Bienenbrot nach 1 Woche (17); aus Larven, am Boden vor Beuteneingang (21)
Penicillium frequentans (29) (31) (23)	kAg	Nein (23)	kAg	Verdauungskanal erwachsener Honigbienen (23); Aus Darminhalt gesunder Sammlerinnen (29); Waben, Bienen, Darm der Bienen (31)
Penicillium glabrum (21)	kAg	kAg	kAg	Aus Darm erwachsener Bienen (21)
Penicillium glaucum	kAg	kAg	kAg	Von Waben, die erkrankte Brut enthielten, z.T. dichtes Mycel auf Wabenoberflächen, z.T. Brut und Bienen in Mumien verwandelt. Schon zu Lebzeiten Bienen befallen und dann abgetötet oder erst nach Tod auf Leichen übergegangen? Als Schmarotzer oder parasitärer Pilz mit gelegentli.pathogener Wirkung auf Bienenund Brut. Noch ungeklärt bei Borchert (33)
Penicillium ilderdanum (21)	kAg	kAg	kAg	Aus Larven (21)
Penicillium janthinellum (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 3 Wochen (17)
Penicillium notatum (29)	kAg	kAg	Penitrem A (Neurotoxin) Penicillin (Antibioticum)	Aus Darminhalt gesunder Sammlerinnen (29)
Penicillium oxalicum (24)	Ja (24)	kAg	Secalonsäure D	Bienenbrot (24)
Penicillium purpurescens (24)	Ja (24)	kAg	Ochratoxin A; Citrinin (carcinogen); Penitrem A (tremorgen=Zittern auslösende Substanz);	Darm Sammlerinnen (24)
Penicillium spinulosum (21)	kAg	kAg	kAg	Aus großen Larven (21)
Penicillium stoloniferum (32) (24)	Ja (24)	kAg	Penicillinsäure ((Hepatotoxin; Kardiotoxin; Kanzerogenität)	Aus Darm toter Bienen (32); Honig (24)
Penicillium tricinctum (21)	kAg	kAg	kAg	Aus Boden vor Beuteneingang (21)
Peyronelia sp. (17)	kAg	kAg	kAg	Höschepollen (17)
Purpureocillium lilacinum (21)	kAg	kAg	kAg	Aus Darm von erwachsenen Bienen (21)
Rhizopus sp. (Mucorales) (15) (24) (25) (23)	Ja (24) (25) (23)	(15)	Mykotoxine wurden bisher nicht gefunden	Bienenbrot (24); Bienenbrot (25)

Rhizopus arrhizus (23)	Ja (23)	kAg	Mykotoxine wurden bisher nicht gefunden	
Rhizopus nigricans (17)	kAg	kAg	Mykotoxine wurden bisher nicht gefunden	Hörschenpollen, Bienenbrot nach 1,3,6 Wochen (17)
Rhizopus stolonifer (31)	kAg	kAg	kAg	Waben, Bienen, Darm der Bienen (31)
Scopulariopsis sp. (25)	Ja (25)	kAg	kAg	Bienenbrot (25)
Scopulariopsis brevicaulis (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 1 Woche (17)
Scytalidium sp. (17)	kAg	kAg	kAg	Hörschenpollen (17)
Sordaria fimicola (13)	kAg	Nicht pathogen (13)	kAg	Auf schimmeligen Waben gefunden, nur in totem Volk (13)
Syncephalastrum sp. (24)	Ja (24)	kAg	kAg	Darm Sammlerinnen, Bienenbrot (24)
Thielavia sepedonium (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 3 Wochen (17)
Trichoderma sp. (22) (25)	Ja (25)	kAg	T-2-Toxin	Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22); Bienenbrot (25)
Trichoderma lignorum (33)	kAg	(15)	T-2-Toxin (alimentäre toxische Aleukine)	Von mumifizierten Bienen gezüchtet; Frage schmarotzer oder pathogen? (33)
Trichoderma koningi (26)	kAg	kAg	kAg	Von erwachsenen Bienen (26)
Wallemia (22)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot, Bienen, Waben, Brut (22)
Xylohypha bantiana (17)	kAg	kAg	kAg	Bienenbrot nach 3 Wochen (17)

Tabelle 1: Liste der gefundenen Schimmelpilze, ihre Bedeutung für die Honigbienen, Mykotoxine und wo die Schimmelpilze gefunden worden. Quelle für Mykotoxine ((5) (4)); kAg = Ich habe in den ausgewerteten Quellen keine Angaben dazu gefunden. Zusammenstellung: Sigrun Mittl

Literaturverzeichnis

1. **Bosch, Thomas C. G.** *Der Mensch als Holobiont*. Kiel : Ludwig Verlag, 2017.
2. **Wagner, Hans Georg.** *Neben Ich - wie viele sind wir wirklich?* Altomünster : Eurasischer Verlag, 2012.
3. **Blaser, Martin. J.** *Antibiotika Overkill*. Freiburg im Breisgau : Herder Verlag, 2017.
4. **Roth, L., Frank, H. und Kormann, K.** *Giftpilze - Pilzgifte*. Hamburg : Ecomed Verlagsgesellschaft, Sonderdruck für Nikol Verlagsgesellschaft, 1990.
5. **Mücke, W. und Lemmen, Ch.** *Schimmelpilze*. Landsberg : Ecomed Verlagsgesellschaft, 2000, 2. Auflage.
6. **Wohlgemuth, R.** Die Temperaturregulation des Bienenvolkes unter Regeltheoretischen Gesichtspunkten. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* (40). 1957, S. 119-161.
7. **Büdel, Anton.** Der Wasserdampfhaushalt im Bienenstock. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 31. 1948, S. 249-273.
8. **Ellis, Michael B., et al.** Brood comb as a humidity buffer in honeybee nests. *Naturwissenschaften* 97. 2010, S. 429-433.
9. **Abou-Shaara, H.F., et al.** A review of impacts of temperature and relative humidity an various activities of honey bees. *Insectes Sociaux* 64. 2017, S. 455-463.
10. **Ellis, Michael B., et al.** Hygropreference and brood care in the honeybee (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology* 54. 2008, S. 1516-1521.
11. **Mittl, Sigrun.** *Regulation von Temperatur und Luftfeuchtigkeit durch die Honigbienen und ihr Einfluss auf Bienengesundheit und Varroaresistenz*. Fürth : bienen-dialoge.de, Februar 2017, 16 S.,.
12. **Fielitz, Hermann.** Untersuchungen über die Pathogenität einiger im Bienenstock vorkommender Schimmelpilze bei Bienen. *Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten Bd.66*. 1926, S. 28-51.
13. **Betts, Annie D.** The fungi of the bee-hive. *Journal of Economic Biology*. 1912, S. 129-162.
14. **Christensen, Martha und Gilliam, Martha.** Notes of the *Ascosphaera* species inciting chalkbrood in honey bees. *Apidologie* 14 (4). 1983, S. 291-297.
15. **Glinski, Z. und Buczek, K.** Response of the apoidea to fungal infections. *Apiacta* 38?(2). 2003, S. 183-189.
16. **Flores, J.M., et al.** Effect of temperature and humidity of sealed brood on chalkbrood development under controlled conditions. *Apidologie* 27. 1996, S. 185-192.
17. **Gilliam, Martha, Prest, D.B. und Lorenz, B.J.** Microbiology of pollen and bee bread: taxonomy and enzymology of molds. *Apidologie* 20. 1989, S. 53-68.
18. **Mittl, Sigrun.** *Varroa-resistente und gesunde Honigbienen - Plädoyer und Argumente für eine artgerechte Honigbienenhaltung und -zucht*. Fürth; 20 Seiten : www.bienen-dialoge.de, Februar Februar 2017.
19. **Southwick, E.E.** Hygienic behavior and disease resistance in honey bees. *American Bee Journal* 134. 1994, S. 751-752.
20. **Glinski, Z. und Jarosz, J.** Infection and immunity in the honey bee *Apis mellifera*. *Apiacta* 36. 2001, S. 12-24.

21. **Foley, Kirsten, et al.** The distribution of aspergillus spp. opportunistic parasites in hives and their pathogenicity to honey bees. *Veterinary Microbiology* 169. 2014, S. 203-210.
22. **Keller, K.M., et al.** Fungi infection in honeybee hives in regions affected by Brazilian sac brood. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 66 (5) (*Brazilian Journal of Veterinary and Animal Science*). 2014, S. 1471-1478.
23. **Gilliam, Martha.** Identification and roles of non-pathogenic microflora associated with honey bees. *FEMS Microbiology Letters* 155. 1997, S. 1-10.
24. **Gilliam, Martha, et al.** Factors affecting development of chalkbrood disease in colonies of honey bees, *Apis mellifera*, fed pollen contaminated with *ascosphaera apis*. *Journal of invertebrate pathology* 52. 1988, S. 314-325.
25. **Yoder, Jay A., et al.** Fungicide contamination reduces beneficial fungi in bee bread based on an area-wide field study in honey bee, *Apis mellifera*, colonies. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 76. 2013, S. 587-600.
26. **Burnside, C.E.** Fungous diseases of the honeybee. *US-Department of Agriculture - Technical bulletin* 149 - Washington D.C. 1930, S. 43.
27. **Betts, Annie D.** A bee-hive fungus, *Pericystis alvei*, Gen. et Sp. Nov. *Annals of Botany* 26, Nr. 103. 1. July 1912, S. 795-800.
28. **Maaßen, ?** Über Bienenkrankheiten. *Mitt. a.d.Kais.Biolog.Anst.f.L.u.F.* 16. 1916, S. ?
29. **Gilliam, M. und Prest, D.P.** Fungi isolated from the intestinal contents of foraging worker honey bees, *Apis mellifera*. *Journal Invertebr.??? Pathology* 20. 1972, S. 101-103.
30. **Sigler, Lynne., Abbott, Sean P. und Gauvreau, Henry.** Assessment of worker exposure to airborne molds in honeybee overwintering facilities. *American Industrial Hygiene Association Journal* 57 (5). 1996, S. 7.
31. **Ajao, A.M. und Babatunde, S.K.** Isolation and Identification of microorganisms in comb and body parts of wild and domesticated honey bees of two ecozones of Nigeria. *Erudite Journal of Microbiology and Biodiversity* 2 (1). Januar 2013, S. 8-15.
32. **Turesson, ?** The toxicity of moulds to the Honey Bee and the cause of Bee-Paralysis. *Svensk Botan. Tidskr* 11. 1917.
33. **Borchert, ?** ??? siehe Fielitz.
34. **Antúñez, Karina, et al.** Immune suppression in the honey bee (*Apis mellifera*) following infection by *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Environmental Microbiology* 11 (9). 2009, S. 2284-2290.
35. **Wissenschaft, Spektrum der.** *Kompaktlexikon der Biologie*.
<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/saprophyten/10244> : Zugriff am 10.01.2019.
36. **Hilldrup, J.A., Eadie, T. und Llewellyn, G.C.** Fungal growth and aflatoxin production on apiarian substrates. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 60 (1). 1977, S. 96-99.
37. **Royce, Lynn, et al.** Tree Hive Colonies: Increased quantity of beneficial fungi in bee bread from the trees and its antifungal properties against chalkbrood. [Online] 27. März 2015. [Zitat vom: 18. Januar 2019.] <https://www.bee-culture.com/tree-hive-colonies/>.