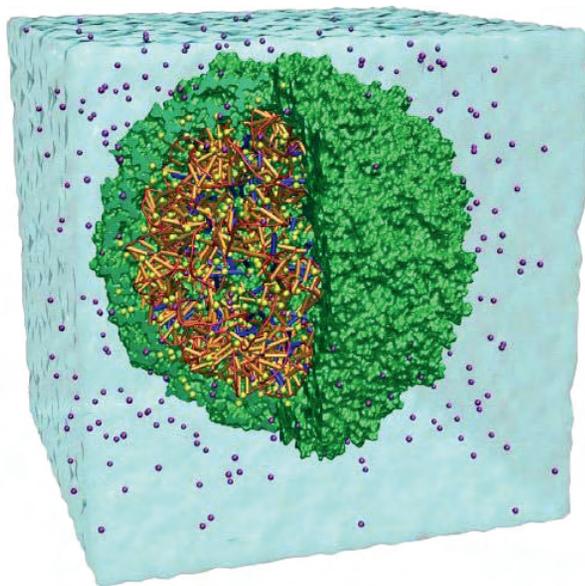


Bienenviren

BENJAMIN DAINAT, ANTON IMDORF, JEAN-DANIEL CHARRIÈRE, PETER NEUMANN
ZENTRUM FÜR BIENENFORSCHUNG, AGROSCOPE LIEBEFELD-POSIEUX ALP, 3003 BERN

In letzter Zeit werden vermehrt Viren als mögliche Ursache für das Bienensterben vermutet. In einem zweiseitigen Beitrag zeigen wir im ersten Teil in einer Übersicht den aktuellen Kenntnisstand zu diesem wenig bekannten Thema. Im zweiten Teil stellen wir unser im September 2007 begonnenes Forschungsprogramm über die Bienenviren vor.



GRAFIK: NACH FREDDOLINO ET AL. (2007) © ELSEVIER

Schematische Darstellung eines Virus. Das genetische Material im Innern (DNA oder RNA) wird durch die Virus-hülle (grün) geschützt.¹

Das Wort «Virus» ist uns allen geläufig, und wir hören es regelmässig, wenn z.B. jedes Jahr mit Einbruch des Winters über Grippe-Epidemien gesprochen wird. Viren finden sich bei praktisch allen Lebewesen sowohl Menschen und Tieren (Beispiele: AIDS oder auch der Vogelgrippevirus) als auch im Pflanzenreich (Beispiel: Tabakmosaikvirus). Die Wissenschaft, welche die Verbreitung von Krankheiten und deren zugrunde liegende Faktoren erforscht, bezeichnet man als Epidemiologie. Seit 2005 werden die Bienenviren am Zentrum

für Bienenforschung (ZBF, Agroscope ALP) untersucht.² Nach einem kurzen Einblick in die allgemeine Biologie der Viren, werden wir uns auf die Bienenviren konzentrieren.

Was ist ein Virus?

Viren sind obligat intrazelluläre Parasiten. Das heisst, sie sind nur unter der Zuhilfenahme des Stoffwechsels einer Wirtszelle, und nur im Innern von lebenden Zellen in der Lage, sich zu vermehren. Aus diesem Grund diskutieren einige Autoren bei den Viren den Begriff «Lebewesen», da diesen wichtige Merkmale eines lebenden Organismus, z. B. ein eigener Stoffwechsel, fehlen. Im allgemeinen sind Viren an einen bestimmten Wirtstyp angepasst und parasitisieren nur bestimmte Zellen dieses Wirtes. Wie bei anderen Parasiten gibt es aber auch bei Viren weniger spezialisierte Formen. So können manche Viren verschiedene Wirtszellen und Wirte befallen. Eine starke Vermehrung des Virus führt meist zur Zerstörung seiner Wirtszellen, schädigt somit den Wirt und kann, bei starker Infektion, bis zum Tod des Wirtes führen.

Viren bei den Bienen

Die heute bekannten Bienenviren haben eine kugelige bis ovale Form, einen Durchmesser von ca. 20–30 nm

Biologische Fachbegriffe

Virulenz: (von lat. virulentus «voller Gift») bezeichnet das Mass der Fähigkeit eines Krankheitserregers einen Organismus zu infizieren. Eine hohe Virulenz bedeutet also eine hohe Ansteckungsgefahr.

Genom: die gesamte Erbinformation eines Organismus.

DNA: Desoxyribonukleinsäure (doppelsträngiger Träger von Erbinformation).

RNA: Ribonukleinsäure (einsträngiger Träger von Erbinformation).

RNA+ ist der positive Strang, von dem die Erbinformation abgelesen wird.

RNA– ist der negative Strang, der als Matrize (Vorlage) für die Kopie der RNA+ bei der Vermehrung der Erbinformation des Virus dient.

(1 nm = 10⁻⁹ m, was einem Milliardstel Meter entspricht) und besitzen eine Hülle, welche das Genom enthält (siehe Grafik). Es sind Viren mit einsträngiger RNA, deren genetisches Material sich von dem anderer tierischer oder menschlicher Viren unterscheidet. Was beispielsweise den Menschen betrifft, so ist unser ganzes genetisches Erbe, anders ausgedrückt unsere Gene, in Form von DNA kodiert. Die RNA beim Menschen dient nur der Produktion von Proteinen und Enzymen, die für das korrekte Funktionieren des Organismus benötigt werden. Die RNA, aus der das Virengenom besteht, nennt sich RNA+. Sie übernimmt im Virus die Rolle der DNA in normalen tierischen oder pflanzlichen Zellen als Speicher der Erbinformation. Während der Replikations-Phase des Virus existiert aber auch das Gegenstück, eine RNA– Matrize. Dieses dient bei der Virusvermehrung als Vorlage zur Kopie der positiven RNA+ Stränge für neue Viren.

Wichtigste Bienenviren.

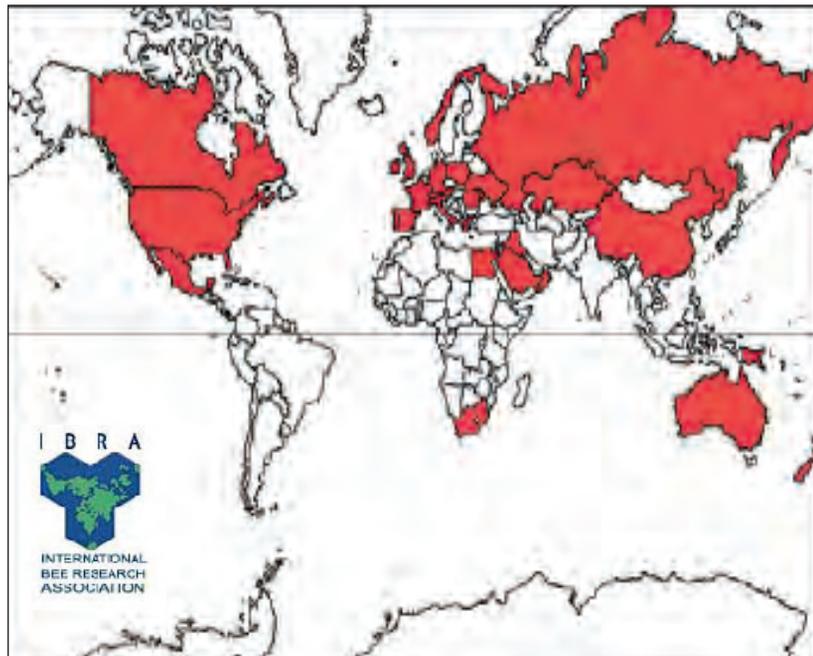
Deutscher Name	Englischer Name	Internationale Abkürzung
Akutes Bienenparalysevirus	Acute Bee Paralysis Virus	ABPV
Langsames Lähmungsvirus	Slow Paralysis Virus	SPV
Flügeldeformationsvirus	Deformed Wing Virus	DWV
Sackbrutvirus	Sac Brood Virus	SBV
Kaschmir-Bienenvirus	Kashmir Bee Virus	KBV
Schwarzes Königinnenzellvirus	Black Queen Cell Virus	BQCV
Chronisches Bienenparalysevirus	Chronic Bee Paralysis Virus	CBPV



Bis heute sind 18 Viren bekannt, welche Bienen infizieren. Die Tabelle (vorhergehende Seite) stellt die wichtigsten mit Namen und Abkürzung vor. Bei der Imkerschaft bezeichnet man die Bienenviren manchmal auch als Apiviren. Die internationalen Abkürzungen setzen sich aus den Anfangsbuchstaben der englischen Bezeichnungen der von den Viren verursachten Krankheitssymptome und einem V für Virus zusammen. Folglich spricht man beim Flügeldeformationsvirus vom «Deformed Wing Virus» oder verwendet die Abkürzung DWV. Bisher wurde für fünf Bienenviren, ABPV, BQCV, DWV, KBV, und SBV die Erbinformation vollständig entziffert. Dies stellt für die Forschung eine wichtige Informationsquelle dar, z. B. für die Verbesserung der Diagnose und für das Verständnis der Biologie (Unterscheidung von Stämmen mit unterschiedlicher Virulenz, Verfolgen der Ausbreitung bestimmter Viren usw.).

Weit verbreitete Bienenviren

Viele Bienenviren sind sehr weit verbreitet. Sie kommen in fast allen Gebieten vor, in denen es Bienen gibt. Die Abbildung (oben rechts) gibt als typisches Beispiel die Verbreitung des Chronischen Bienenparalysevirus CBPV wieder. Sie umfasst fast ganz Europa sowie Nordamerika, Asien, Australien und Teile von Afrika. Daraus wird deutlich, dass diese Viren weit mehr als nur eine lokale Erscheinung sind. In der Grafik weiss dargestellte Zonen bedeuten nicht, dass das Virus dort nicht auftritt, sondern nur, dass für diese Bereiche Studien fehlen (z. B. für Afrika). Man kann davon ausgehen, dass das CBPV auch dort, zumindest in einigen Gebieten, vorkommt. Es ist wichtig zu betonen, dass die Anwesenheit des Virus in einer Gegend nicht automatisch zu grösseren Völkerverlusten führt. Es lassen sich durchaus gesunde Bienenvölker finden, die Virenträger³ sind. Eine Vireninfektion kann, wie viele andere Krankheiten, für eine unbestimmte Zeit ohne sichtbare Symptome bleiben (latente Infektionen), bevor die Virenkrankheit plötzlich aufgrund von zusätzlichen Faktoren ausbricht. Viele verschiedene Faktoren kommen



Verbreitung des CBPV weltweit.⁴ Die Zonen, in denen das CBPV auftritt, sind rot markiert. © IBRA.

dabei in Frage, oft handelt es sich aber wahrscheinlich um die Milbe *Varroa destructor*.

Sichtbare Krankheitssymptome

Bei bestimmten Viren sind klinische Symptome leicht zu erkennen, so zum Beispiel die Flügeldeformation beim gleichnamigen Virus (Abbildung unten). Andere Viren können sehr virulent sein wie das KBV³ und eine hohe Sterblichkeit bei den Bienen verursachen, ohne dass die befallenen Bienen für den Imker sichtbare Symptome zeigen. Ein erhöhter Totenfall der Bienen auf dem Bodenbrett oder vor dem Flugloch ist aber ein sichtbarer Hinweis auf einen möglichen

Befall mit Viren. Diese Erreger lassen sich daher nur durch eine genaue Analyse der befallenen Bienen identifizieren. Beim Befall mit den in der Tabelle aufgelisteten Viren können aber bestimmte klinische Symptome oder Zustände beschrieben werden. Sie lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

Flügeldeformationsvirus (DWV):

Typische Symptome dieser Krankheit sind die offensichtlich deformierten Flügel der erwachsenen Bienen (Abbildung unten). Die Bienen können auch auffällig klein bleiben.⁵ Es ist noch nicht bekannt, durch welchen Mechanismus das



Biene mit deformierten Flügeln, dem typischen Symptom des DWV.

FOTO: ZBF, AGROSCOPE ALP



Virus die Deformationen verursacht. Das DWV befällt nicht nur erwachsene Bienen, sondern auch Eier, Larven und Puppen. Das Virus tötet vermutlich keine Puppen, und es ist unklar, ob auch befallene erwachsene Bienen mit normalem Erscheinungsbild eine geringere Lebenserwartung haben.

Das DWV scheint momentan das am stärksten verbreitete Virus zu sein. Eine französische Studie aus dem Jahr 2004 zeigt, dass fast alle Völker betroffen sein können (97 %).⁶ Auch in der Schweiz ist das DWV wahrscheinlich das häufigste Virus. Es wurde in einer Studie des Zentrums für Bienenforschung aus dem Jahre 2004 in den meisten Völkern aller untersuchten Stände gefunden.²

Akutes Bienenparalysevirus (ABPV):

Dieses Virus kann, besonders im Sommer, in einem latenten Infektionszustand in den Bienen überdauern, ohne bei ihnen Symptome hervorzurufen. Zu Beginn können beim ABPV ganz ähnlich wie beim CBPV (Chronisches Bienenparalysevirus) Symptome wie Zittern und bei erwachsenen Bienen Flugunfähigkeit auftreten. Das ABPV wurde sowohl in der Brut als auch bei den erwachsenen Bienen festgestellt. Nach Bailey scheint wahrscheinlich bei erhöhter Sterblichkeit oder Krankheit der Völker nur in seltenen Fällen ein Zusammenhang mit einer Infektion durch das ABPV zu bestehen.⁷

Untersuchungen des Zentrums für Bienenforschung deuten aber darauf hin, dass das ABPV zusammen mit dem DWV ein wichtiger Faktor bei den in letzter Zeit beobachteten Völkerverlusten sein könnte. Laborversuche zeigten, dass es beim CBPV mehrere Tage dauert, um eine infizierte Biene zu töten, während das ABPV nur einen Tag dafür braucht. Es kann auch vorkommen, dass eine mit einer hohen Viruskonzentration infizierte Larve bereits vor der Verdeckelung der Zelle stirbt. Wenn aber die Larve überlebt, trägt sie das Virus trotzdem latent in sich, während sie sich zur erwachsenen Biene entwickelt.

In jedem Fall sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Rolle, die dieses Virus spielt, besser einschätzen zu können.

Schwarzes Königinnenzellvirus (BQCV):

Das BQCV infiziert Königinnen, vornehmlich ihre Larven und Puppen. Die kranke Larve ist hellgelb und sieht «sackförmig» aus, wenn man sie mit einer Pinzette aus der Zelle herauszieht. Dies ist ganz ähnlich wie beim Sackbrutvirus (SBV, Bild links). Als charakteristisches Zeichen für eine BQCV Infektion können die Wände der Königinnenzellen schwarz werden. Das gab diesem Virus seinen Namen. Das BQCV kann aber auch bei Puppen der Arbeiterinnen auftreten. Sie werden schwarz und sterben vermutlich unmittelbar danach. Diese Krankheit steht häufig in Verbindung mit *Nosema apis*. Dieser Erreger ist neuerdings als Pilz eingestuft worden. Bei einer starken *Nosema apis*-Infektion scheint sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von BQCV zu erhöhen. Dieses Virus ist besonders im Sommer oft zu beobachten. Allerdings scheint es dennoch nur in seltenen Fällen Probleme damit zu geben. Das Virus ist vermutlich nur wenig verbreitet und hat im Vergleich mit anderen Krankheitserregern eine eher geringe Virulenz.

Sackbrutvirus (SBV):

Das SBV ist sicherlich aufgrund seiner Symptome eines der bekanntesten Viren. Die toten Larven weisen wie beim BQCV die Form eines kleinen Sackes

auf (Abbildung unten links). Infizierte Völker weisen oft ein lückenhaftes Brutbild auf. Durch die charakteristische Sackform lässt sich das SBV jedoch deutlich von der Amerikanischen oder der Europäischen Faulbrut unterscheiden. Die Sackbrutkrankheit tritt eher im Frühjahr oder Sommer auf, und generell sind nur wenige Völker pro Bienenstand betroffen. Die Bienen werden vor allem dabei infiziert, wenn sie versuchen, die durch das SBV getöteten Larven aus dem Bienenstock zu transportieren. Anschliessend stecken sie beim Füttern weitere Larven an. Am empfänglichsten für diese Krankheit sind die ungefähr zwei Tage alten Larven, aber erwachsene Bienen können auch infiziert sein, ohne dass sie sichtbare Symptome aufweisen. Das SBV wird neben dem DWV als das am weitesten verbreitete Bienenvirus angesehen. Das beruht unter anderem vielleicht darauf, dass es durch den Imker leicht zu erkennen ist. Es scheint jedoch, dass dieses Virus nur in sehr seltenen Fällen zu Problemen führt.

Kaschmir-Bienenvirus (KBV):

Das KBV scheint sehr virulent zu sein. Unter Laborbedingungen kann eine mit diesem Virus infizierte Biene innerhalb von nur drei Tagen sterben.⁸ Das Virus bereitet allerdings eher in Neuseeland, Australien und den USA Schwierigkeiten. Obwohl es auch schon in Frankreich oder Deutschland nachgewiesen wurde, hat man es in Bienenproben von Winterverlusten in Europa nur selten nachweisen können. Bis heute ist es in der Schweiz noch nie diagnostiziert worden. Das bedeutet aber nicht, dass es in der Schweiz nicht auftritt. Das Problem besteht darin, dass dem KBV keine sichtbaren Symptome zugeordnet werden können und es alle Entwicklungsstadien von der Larve bis zur erwachsenen Biene befallen kann. Das KBV scheint genetisch und auch in Bezug auf seine Virulenz dem ABPV sehr ähnlich zu sein.

Chronisches Bienenparalysevirus (CBPV):

Mit Ausnahme von Südamerika ist dieses Virus in allen Kontinenten nachgewiesen worden. Wie der Name des



FOTO: GUIDO LAERCI B. CASTAGNINO

Mit dem Sackbrutvirus (SBV) infizierte Larven zeigen die typischen Symptome: sackförmige Gestalt und Flüssigkeitsansammlungen.



Virus bereits sagt, zeigt die infizierte Biene zwei verschiedene Formen von «Lähmungserscheinungen». Die häufigere Ausprägung ist diejenige mit Symptomen, welche denen des ABPV ähneln: Flugunfähigkeit der Biene sowie abnormales Zittern des Körpers und der Flügel. Die Tracheenmilbe (*Acarapis woodi*) ruft im Frühjahr jedoch ähnliche Symptome hervor, so dass man sich auf diese Symptome bei der Diagnose von ABPV und CPBV nicht verlassen sollte. Die andere Form der Lähmung ist durch haarlose, schwarze Bienen gekennzeichnet, die von den Wächterbienen am Flugloch des Bienenstocks zurückgewiesen werden. Scheinbar ist das CBPV im allgemeinen weniger virulent als das ABPV. Es kann aber trotzdem ganze Völker auslöschen und unabhängig von der Jahreszeit auftreten.

FOTO: HTTP://WWW.SEL.BARC.USDA.GOV/ACARIP/FRAMES/BEEIMITES.HTML



Varroaweibchen (*Varroa destructor*), Ansicht der Bauchseite.

Die Rolle von *Varroa destructor*

Die Milbe *Varroa destructor* scheint für die Verbreitung und die Gefährlichkeit der Viren eine zentrale Rolle zu spielen. Einige der Viren wurden in den Milben gefunden (DWV, ABPV, SBV, KBV). Das bedeutet, dass Varroa diese auf Bienen übertragen kann. Darüber hinaus wurde gezeigt, dass sich einige Viren in *Varroa destructor* auch vermehren können (z. B. DWV).⁹ Auch so scheint die Milbe auch latent in einem Bienenvolk befindliche Viren zu «aktivieren». In jedem Fall injiziert die Milbe die Viren direkt in die Blutflüssigkeit der Bienen. So ermöglicht sie diesen, natürliche Schutzmassnahmen der Insekten zu umgehen (z. B. den Schutzwall der Darmwand). Es gibt auch Hinweise, dass *Varroa destructor* die Immunantwort der Bienen unterdrückt oder, ähnlich wie Mücken bei uns Menschen, die Blutgerinnung verhindert. Die geschwächte Abwehr der Bienen kann so die Vermehrung von Viren begünstigen.

Das Zusammenspiel zwischen der Milbe *Varroa destructor*, den Bienen und den Viren ist daher relativ komplex und bislang noch nicht hinreichend verstanden. Viren können jedoch auch ohne den Einfluss von *Varroa destructor* grosse Schäden bei Bienenvölkern anrichten. Schon lange vor der Einschleppung der Milbe nach

Europa wurden ganze Völker durch Virenkrankheiten ausgelöscht.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass von Viren befallene Bienen nicht immer auffällige und klar erkennbare Symptome aufweisen. Häufig scheint ein direkter Zusammenhang zwischen den Vireninfektionen und dem Befall mit der parasitischen Milbe *Varroa destructor* zu bestehen. Die Völker werden nicht nur direkt durch Varroa geschwächt, sondern die Milbe überträgt auch durch ihre Einstiche Viren und erhöht vermutlich sogar noch deren Gefährlichkeit.

Einen kurzen Überblick über die Eigenschaften der verschiedenen bekannten Bienenviren vermittelt die Tabelle im Anhang dieses Beitrages. ◊

Literatur

1. Freddolino, P.; Arkhipov, A.; Larson, S.; McPherson, A.; Schulten, K. (2007) Molecular Dynamics Simulations of the Complete Satellite Tobacco Mosaic Virus. *Structure* 14: 439–447.
2. Berthoud, H.; Imdorf, A.; Haueter, M.; Charrière, J.-D.; Fluri, P. (2005) Bienenviren – ein wenig bekanntes Gebiet. *Schweiz. Bienenztg.* 128(8): 19–22.
3. Ball, B. (2005) Exotic viruses. *Bee Cult.* 10: 13–16.
4. Ellis, J. D.; Munn, P. A. (2005) The

worldwide health status of honey bees. *Bee World* 86(4): 88–101.

5. Chen, Y. P.; Siede, R. (2007) Honey Bee Viruses. *Advances in Virus Research*, Academic Press (Elsevier edition), pp. 33–80.
6. Tentcheva, D.; Gauthier, L.; Zapulla, N.; Dainat, B.; Cousserans, F.; Colin, M. E.; Bergoin, M. (2004) Prevalence and seasonal variations of six bee viruses in *Apis mellifera* L. and *Varroa destructor* mite populations in France. *Appl. Environ. Microbiol.* 70(12): 7185–7191.
7. Bailey, L.; Ball, B. V.; Perry, J. N. (1981) The prevalence of viruses of honey bees in Britain. *Ann. Appl. Biol.* 97: 109–118.
8. Berthoud, H.; Imdorf, A.; Haueter, M.; Charrière, J.-D. (2006) Colony mortality and bee viruses. *Proceedings of the Second European Conference of Apidology EurBee Prague* (Czech Republic) 10–16. September 2006, pp. 18–19.
9. Yue, C.; Genersch, E. (2005) RT-PCR analysis of Deformed wing virus in honeybees (*Apis mellifera*) and mites (*Varroa destructor*). *Journal of General Virology* 86: 3419–3424.