



Ameisensäure-Konzentrationen in der Stockluft von Bienenvölkern

Jean-Daniel Charrière, Anton Imdorf und Verena Kilchenmann, Sektion Bienen, FAM, Schwarzenburgstrasse 155, CH-3097 Liebefeld

Einleitung

1979 publizierten *Künzler et al.* die ersten Resultate über die Wirksamkeit der Ameisensäure (AS) gegen *Varroa jacobsoni*. Die heutigen Bekämpfungsmethoden mit der AS ermöglichen es, auf die Anwendung von synthetischen Akariziden mit ihren negativen Folgen (Rückständen in den Bienenprodukten, Bildung resistenter Varroastämme und Umweltbelastung) zu verzichten. Andererseits weist auch die AS-Behandlung Nachteile auf wie unterschiedliche Wirksamkeit, Verluste an jungen Larven und Bienen, vereinzelt auch an Königinnen sowie einen etwas grösseren Arbeitsaufwand. In der Praxis wollen viele Imker die AS wegen dieser Nachteile für die Varroabekämpfung nicht verwenden. Die Erfahrungen mit der Anwendung von AS in grossem Massstab zeigen aber, dass die Varroa mit dieser organischen Säure wirksam bekämpft werden kann.

Um den Imkern eine attraktive Alternative zu den synthetischen Akariziden zu bieten, müssen aber die Bekämpfungsmethoden mit der AS verbessert werden. Damit die Schwachstellen der heutigen Methoden erkannt werden können, ist es notwendig, den Verlauf der AS-Konzentration in der Stockluft während der Behandlung zu kennen. Die Untersuchung suchte deshalb nach einer Methode, um den tatsächlichen Verlauf der AS-Konzentration während der Behandlung mit AS verfolgen zu können.

Ameisensäure in der Praxis

Um negative Folgen bei der Ameisensäurebehandlung zu vermeiden, benötigt der Imker Erfahrung und «Fingerspitzengefühl» bei der Anwendung von Ameisensäure unter verschiedenen Temperaturbedingungen und Kastensystemen. Auch wegen des etwas grösseren Arbeitsaufwandes ist die Ameisensäure als Akarizid bei vielen Imkern in Verruf geraten. Auf der anderen Seite liegen die Vorteile (weder Rückstände in den Bienenprodukten noch kurzfristige Resistenzbildung) der Ameisensäure auf der Hand. Es sind daher verbesserte Anwendungsmethoden zu entwickeln, bei denen der rasche und hohe Anstieg der Säurekonzentration zu Beginn der Behandlung vermieden wird. Mehrjährige Untersuchungen von Krämer (1991) und eigene Versuche in Liebefeld haben gezeigt, dass eine Behandlung mit tieferen Ameisensäurekonzentrationen über mehrere Tage eine vielversprechende Lösung darstellt. Durch eine solche Anwendungsart könnte der Arbeitsaufwand stark reduziert werden, da vermutlich zwei Behandlungen (nach der Honigernte und Ende September) genügen. Solch «sanft» wirkende AS-Träger, die vom Imker selbst und kostengünstig hergestellt werden können, sind jedoch noch nicht praxisreif entwickelt.

Bekannte Messungen

In einem Laborversuch stellten *Ritter und Rutner* 1980 für AS eine für Bienen niedrige und für die Milben hohe Toxizität der Ameisensäure fest. Mit der Verdunstungsmenge pro Tag und der Wirkzeit nahm die Milbenmortalität proportional zu. *Wissen und Maul* (1980) vermuten, dass die varroatötende Wirkung in höherem Masse von der effektiven AS-Konzentration in den Wabengassen abhängt, als von der angewendeten AS-Menge. *Künzler et al.* (1979) haben die AS-Konzentrationen in den Völkern mit einer Titrationsmethode gemessen und festgestellt, dass mit 50 µg AS pro Liter Luft (ca. 26 ppm) in einer Behandlungszeit von einer Stunde 20% der Varroen vernichtet werden können. *Adelt et al.* (1986) haben ermittelt, dass die AS-Konzentrationen in Völkern, die mit Illertisser Platten behandelt werden, im allgemeinen 180 ppm nicht übersteigen. *Müller* (persönliche Mitteilung *Liebig*) hat in der Hohenheimer-Magazinbeute eine Stunde nach der Behandlung mit Illertisser Platten AS-Gehalte von 220 ppm gemessen.

Material und Methoden

Kastentyp und Völker

Bei den Versuchen kamen die beiden in der Schweiz am meisten verbreiteten Kastentypen zum Einsatz. Der Dadant-Blattkasten (DB) ist eine Magazinbeute im Kaltbau mit 12 Waben, einem Volumen von 65 Litern und einem Flugloch von 45 cm Breite (bei der Behandlung ganz geöffnet). Der Schweizer-Kasten (CH) hingegen ist eine Hinterbehandlungsbeute im Warmbau mit 10–12 Waben und einer Fluglochbreite von 15 cm. Für die AS-Behandlung wurde über dem Brutraum zusätzlich der leere Honigraum gegeben, so dass das Gesamtvolumen ebenfalls 65 Liter betrug.



Sonden zum Ansaugen der Stockluft im Schweizerkasten. In dieser Untersuchung wurde nur die mittlere, im Brutnest plazierte Sonde verwendet.

Beide Kastensysteme waren mit gittergeschützten Unterlagen versehen.

Die Versuchsvölker gehörten der Carnica-Rasse an, waren alle etwa gleich stark und befanden sich am selben Standort. Für die erste und zweite Behandlung wurden die gleichen Völker verwendet mit der Ausnahme eines Volkes im Dadantkasten.

Anwendung der Ameisensäure

Die Völker wurden mit der von der Sektion Bienen, Liebefeld (1991) modifizierten Illertisser-Methode behandelt. Bei den DB-Kasten erfolgte die Behandlung von unten. Das mit 30 ml 85%iger AS getränkte Viskose-Schwamm Tuch wurde auf die Varroaunterlage gelegt.

Die CH-Kasten wurden von oben behandelt. Für die Behandlungen wurden die Viskoseschwammtücher im August wegen den hohen Temperaturen mit 20 und im September mit 30 ml 60%iger AS getränkt auf die Brutwaben gelegt. Alle Behandlungen fanden gegen Abend statt. Die Schwammtücher blieben bis zur Beendigung der Messungen an Ort und Stelle. Die erste Behandlung wurde jeweils im August und die zweite im September durchgeführt (Tabelle 1).

Luftprobenentnahme und Messung der Ameisensäurekonzentrationen

Einen Tag vor Beginn der Messungen wurden zwei Teflonschläuche von 2 mm Innendurchmesser in das Volk eingeführt. Die beiden Ansaugstellen wurden in der Mitte des Brutnestes auf halber Wabenhöhe im Abstand von zwei Waben angebracht.

Die Entnahme der Stockluft erfolgte mit einer elektronisch gesteuerten Luftpumpe

Tabelle 1: Behandlungsbedingungen

	CH-Kasten		DB-Kasten	
Behandlungsdatum	12.8.	4.9.	21.8.	16.9.
Volk Nr.	4/5/7	4/5/7	150/154/155	150/154/105
AS-Dosierung	20 ml 60%	30 ml 60%	30 ml 85%	30 ml 85%
Plazierung des Schwammtuches	auf den Brutwaben		auf der Unterlage	
Fluglochbreite	15 cm		45 cm	

Tabelle 2: Verlauf der Ameisensäurekonzentration in der Stockluft während der ersten 6 Stunden nach Behandlungsbeginn

Kastentyp Datum Temperatur ¹	Hochsommer		Spätsommer	
	CH	DB	CH	DB
	12.8.	21.8.	4.9.	16.9.
	22–27°C	21–24°C	19–25°C	17–23,5°C
Messperiode Sdt.	$\bar{x} \pm SD^2$ ppm	$\bar{x} \pm SD$ ppm	$\bar{x} \pm SD$ ppm	$\bar{x} \pm SD$ ppm
0.00–1.00	370 ± 199	279 ± 93	250 ± 180	113 ± 62
1.00–1.45	307 ± 160	202 ± 66	184 ± 122	45 ± 15
1.45–2.30	244 ± 94	191 ± 56	83 ± 39	68 ± 18
2.30–3.30	211 ± 103	145 ± 51	130 ± 53	32 ± 5
3.30–4.45	166 ± 27	97 ± 20	84 ± 74	28 ± 7
4.45–6.00	137 ± 44	96 ± 40	37 ± 23	³

¹ Aussentemperatur während sechs Stunden nach Behandlungsbeginn

² Mittelwerte und Standardabweichungen von 6 Messungen (Doppelmessungen in 3 Bienenvölkern)

³ Keine Messungen in dieser Messperiode

(Supelco PAS-30003 bei einer Förderleistung von 60–85 ml/min. Die kontaminierte Stockluft wurde direkt durch das Teströhrchen (Drägerwerk AG Lübeck, Art. Nr. 6722101) angesogen. Dabei verfärbte sich die Reagenzsubstanz. Anhand der Länge der Verfärbung und dem entnommenen Volumen lässt sich die AS-Konzentration der Stockluft berechnen. Um eine Übersättigung des Reagenz im vorderen Röhrchenteil zu vermeiden, wurde nach Anleitung der Firma Dräger nach jeder Probenentnahme ameisensäurefreie Luft angesogen.

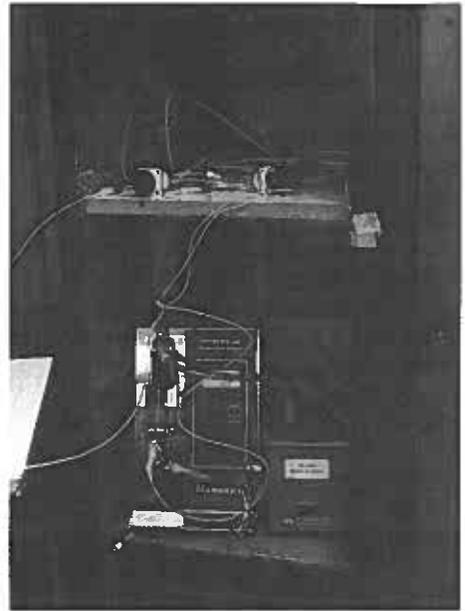
Temperaturmessung

Die Lufttemperatur wurde mit einer elektronischen Messeinheit mit externen Temperaturfühlern (Hamster Mesomatic AG, Zürich) gemessen. Bei den CH-Kasten waren die Temperaturfühler im obren Wabenteil 3 cm unter dem Schwammtuch. In den DB-Kasten lagen sie auf der Varroaunterlage neben dem Schwammtuch, 4 cm unter dem Gitterboden.

Resultate und Diskussion

Verlauf der Ameisensäurekonzentration in der Stockluft während den ersten sechs Behandlungsstunden

In beiden Kastentypen und an beiden Behandlungsdaten stieg die AS-Konzentration während der ersten Stunde rasch an (Tabelle 2). Die gemessenen Spitzenwerte überstiegen die 400 ppm Marke wiederholt. Der höchste gemessene Wert lag bei 565 ppm. Bei Behandlungen anfangs Juli mit Illertisser-Platten in Kasten vom Typ Zander stellte Müller (persönliche Mitteilung) in der ersten Behandlungsstunde ebenfalls Höchstkonzentrationen fest. Dieser abrupte Anstieg der AS-Konzentration in der ersten Stunde der Behandlung ist auf die starke Verdunstung der AS und das Fehlen einer effizienten Stockbelüftung durch die Bienen zurückzuführen.



Mit Hilfe einer elektronisch gesteuerten Luftpumpe wurde während der Behandlung die Stockluft zur Bestimmung der AS-Konzentration angesogen.

Während der folgenden fünf Stunden sank der AS-Gehalt der Stockluft allmählich ab.

In den drei gleichzeitig und gleicherweise behandelten Völkern haben wir sehr unterschiedliche AS-Konzentrationen festgestellt. Zudem variierten die Werte stark zwischen den zwei Probeentnahmestellen innerhalb eines Volkes. Diese Schwankungen sind vermutlich ebenfalls auf das unterschiedliche Ventilieren der Bienen zurückzuführen.

Die in der Stockluft gemessenen AS-Konzentrationen lagen in den CH-Kasten im Durchschnitt höher als in den DB-Kasten, obschon die eingesetzte AS-Menge geringer war (Tabelle 2). Die höheren Messwerte lassen sich einerseits mit der Behandlungsart von oben erklären, bei der die Verdunstung der AS konstanter und intensiver verläuft, und andererseits mit den



Die Ameisensäurekonzentrationen in der Stockluft wurden am Tag wie in der Nacht gemessen.

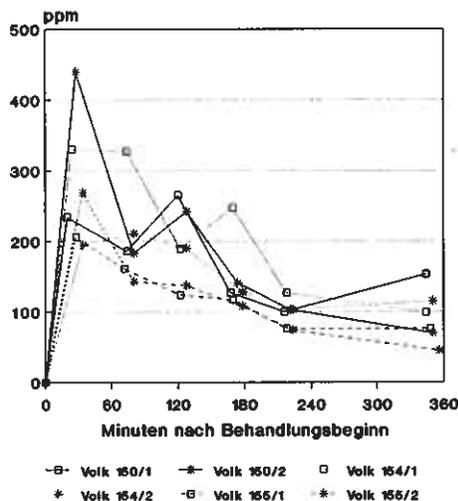
Besonderheiten des Kastensystems. Im Warmbau (CH-Kasten) stellt jede Wabe für das Ausströmen der Säuredünste durch das Flugloch ein Hindernis dar. Im Kaltbau (DB) hingegen mündet jede Wabengasse dem Flugloch zu. Dies gewährleistet eine wirksame Abführung der Dämpfe ins Freie. Da sich das Schwamm-tuch unter der gittergeschützten Unterlage befindet, wird ein Teil der Dämpfe wahrscheinlich direkt abgeführt, ohne das Brutnest zu erreichen. Zudem ist bei den DB-Kasten das während der Behandlung ganz offen stehende Flugloch rund dreimal grösser als beim CH-Kasten.

Unterschiedliche Messergebnisse im August und September

Am 4. September 1991 wurden im CH-Kasten um 3 °C tiefere Aussentemperaturen gemessen als am 12. August. Deshalb

wurde die AS-Menge für die September-Behandlung von 20 auf 30 ml erhöht. Trotzdem lagen die im Volk gemessenen AS-Konzentrationen im Spätsommer um durchschnittlich 47% tiefer als im Hochsommer (Tabelle 2).

Im Dadant-Kasten wurde zu beiden Behandlungszeitpunkten die gleiche AS-Menge verwendet. Die Behandlungen wurden um 9 bzw. 12 Tage später als im CH-Kasten durchgeführt. Hier wurden bei der Spätsommerbehandlung während den ersten 5 Stunden nahezu 70% niedrigere Werte gemessen als bei der Hochsommerbehandlung, obschon am 16.9. in den ersten sechs Behandlungen um 2°C höhere Temperaturen auf den Unterlagen gemessen wurden als am 21.8. Die Resultate lassen vermuten, dass neben der Temperatur noch andere saisonale Einflüsse vorhanden waren, z. B. die Volksstärke (Menge und Alter der Brut) und das Verhalten der Bienen (Belüftungsaktivität nach Tracht oder Fütterung).



Verlauf der AS-Konzentration in der Stockluft an zwei Messstellen in je drei DB-Kasten vom 21.8.91.

Verlauf der Ameisensäurekonzentration in der Stockluft nach den ersten sechs Behandlungsstunden

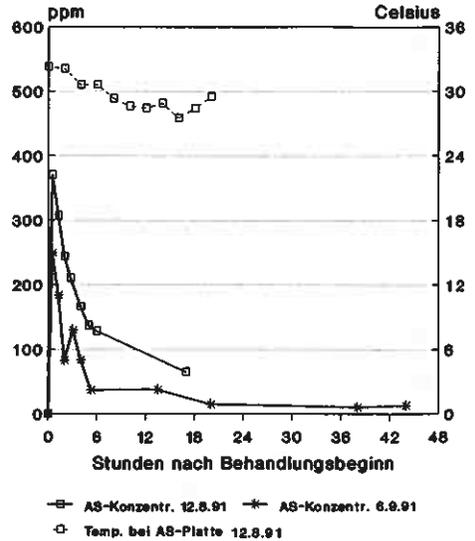
In den CH-Kasten (Behandlung von oben) wurden die AS-Gehalte im August während 16 Stunden und im September während 44 Stunden zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen. Nach einer anfänglichen Hochkonzentration wurde ein allmähliches und stetiges Absinken der AS-Werte festgestellt. Ein Wiederanstieg zu einem späteren Zeitpunkt konnte nicht beobachtet werden.

In den DB-Kasten (Behandlung von unten) wurden die AS-Konzentrationen in beiden Behandlungsperioden während 60 Stunden bestimmt. Hier konnte während 2 Tagen nach dem Behandlungsbeginn vom 21.8. in den warmen Tagesstunden ein starker Wiederanstieg der AS-Werte gemessen werden. Dieses Phänomen konnte abgeschwächt auch nach der Behandlung vom 16.9. beobachtet werden.

Diese unterschiedlichen Resultate in den beiden Kästen ist weniger auf das Kastensystem zurückzuführen als vielmehr auf die unterschiedliche Anwendungsart. Im CH-Kasten wurde die AS-Platte auf die Brutwaben gelegt. Dort sind die Temperaturschwankungen gering, und es ist selten weniger als 28°C warm. Im Hochboden des DB-Kastens hingegen schwankt die Temperatur stärker, da sie unmittelbar vom Wetter beeinflusst wird. Bei tiefen Temperaturen, die vor allem während der Nacht gemessen werden, verlangsamt sich die Verdunstung der AS. Die Beobachtungen von Wachendörfer *et al.* (1985), wonach die Verdunstung der AS bei der Illertisser-Platte in Magazinbeuten bei der Behandlung von oben 4–8 Stunden benötigt, bestätigen unsere Vermutung.

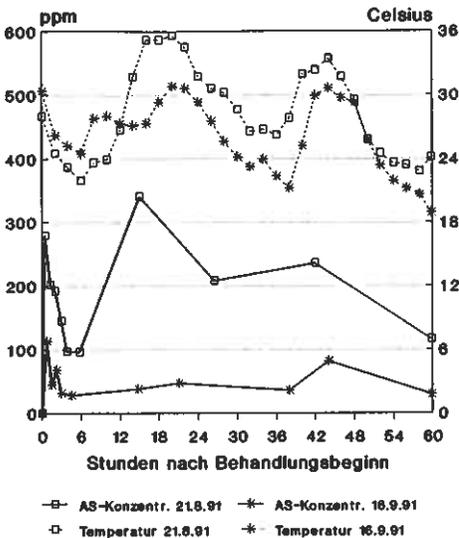
Schlussbemerkungen

Der Versuch erlaubte, den Verlauf der AS-Konzentration in der Stockluft



Verlauf der AS-Konzentrationen in der Stockluft während den zwei Behandlungen in CH-Kasten vom 12.8. und 4.9.91 sowie der Umgebungstemperatur des Schwammtuches vom 12.8. Durchschnittswert von Doppelmessungen in drei Völkern.

während der Behandlung kennen zu lernen. Gemäss Bolli (Publikation in Vorbereitung) sind die AS-Konzentrationen, wie wir sie in den Testvölkern gemessen haben, nicht hoch genug, um die Atmung der Larven oder der erwachsenen Bienen zu behindern. Somit sind die bei AS-Behandlungen trotz richtiger Dosierung hin und wieder festgestellten Verluste von jungen Larven und Königinnen nicht mit der AS selbst, sondern mit dem Verhalten des Volkes zu erklären (Vernachlässigung der Brut, Einknäueln der Königin usw.). Es wurden beträchtliche Schwankungen im AS-Gehalt der Stockluft zwischen den Völkern, den Behandlungen und sogar zwischen den verschiedenen Messstellen innerhalb eines Volkes festgestellt. Dies zeigt, dass die Völker auf die AS-Behandlung sehr unterschiedlich reagieren kön-



Verlauf der AS-Konzentrationen in der Stockluft und der Umgebungstemperatur des Schwammtuches während den zwei Behandlungen in DB-Kasten vom 21.8. und 16.9.91. Durchschnittswerte von Doppelmessungen in drei Völkern.

nen. Der rasche Anstieg und die hohe AS-Konzentration während der ersten Stunde kann bei Überdosierung und hohen Temperaturen im Bereich der AS-Platte zu Bienenverlusten führen.

Zusammenfassung

Zur Bestimmung der Ameisensäurekonzentration in der Stockluft wurde eine Messmethode entwickelt. Es wurden Völker in Dadant-Blatt-Kasten (DB) und Schweizer-Kasten (CH) nach einer modifizierten Illertisser Methode im August und September mit Ameisensäure behandelt. Bei den DB-Kasten erfolgte die Behandlung mit 30 ml 85% Ameisensäure von unten. Im CH-Kasten wurden die Ameisensäureplatten 30 ml 60% Ameisensäure auf die Brutwaben gelegt. In den

CH-Kasten wurden höhere Spitzenwerte (max. 565 ppm) als in den DB-Kasten (max. 440 ppm) gemessen. Nach einer Stunde Behandlung sanken die Säurekonzentrationen ab. In den DB-Kasten stiegen die AS-Konzentration in den folgenden Tagen während den warmen Tagesstunden erneut an, während im CH-Kasten kein solcher Anstieg zu beobachten war.

Im August lag der durchschnittliche Maximalwert im CH-Kasten bei 370 ppm und im DB-Kasten bei 279 ppm. Im September hingegen lagen sie im CH-Kasten mit 250 ppm und im DB-Kasten mit 113 ppm deutlich tiefer. Die Konzentrationskurven verliefen in gleichzeitig behandelten Völkern auf dem gleichen Stand sehr unterschiedlich. Grosse Konzentrationsunterschiede wurden auch innerhalb eines Volkes zwischen den verschiedenen Messstellen festgestellt. □

Literatur

- Adelt B., Kimmich K.H., 1988: Die Wirkung der Ameisensäure in die verdeckelte Brut. ADIZ 20 (12) 382-385.
- Krämer K., 1991: Feldversuche mit der Krämerplatte. Deutsches Imker-Journal 2 (9) 384-387.
- Künzler K., Mook H., Breslauer H., 1979: Untersuchung über die Wirksamkeit der Ameisensäure bei der Bekämpfung der Bienenmilbe *Varroa jacobsoni*. Die Biene 115 (9) 372-373.
- Ritter W., Ruttner F., 1980: Neue Wege in der Behandlung der Varroatose; Ameisensäure. ADIZ 14 (5) 151-159.
- Sektion Bienen, Liebefeld, 1991: Arbeiten des Imkers zur integrierten Varroabekämpfung. Schweiz. Bienen-Zeitung 114 (5) I-VIII.
- Wachendörfer G., Fijalkowski J., Kaiser E., Seinsche D., Siebentritt J., 1985: Labor- und Feldversuche mit der Illertisser Milbenplatte als neue Anwendungsform der Ameisensäure im Rahmen der Varroatose-Bekämpfung. Apidologie 1B (3) 291-306.
- Wissen W., Maul V., 1980: Untersuchungen zu Anwendungstechnik von Ameisensäure bei der Varroatosebekämpfung. Apimondia-Verlag Bukarest, 1981, 120-124.