

Computer-Sofortanalyse des Zeitverhaltens von Wildbienen am Beispiel *Osmia rufa* (L.) und *Anthophora acervorum* (L.)

1 Vorbemerkung

Die von mir bis zum Jahre 1972 durchgeführten Untersuchungen des Zeitverhaltens an *Osmia rufa* mußten nach einer ersten Veröffentlichung (TÖLKE 1973) aus verschiedenen Gründen unterbrochen werden. Erst 1992 habe ich Aktivitätsmessungen bei Wildbienen mit einer modifizierten Computer-Anlage wieder aufgenommen.

2 Voraussetzungen für Sequenzanalysen

Im Verhalten von Tieren gibt es Aktivitäten, die zeitlich gesehen offensichtlich nach einem bestimmten Muster ablaufen. Ethologen interessieren sich deshalb schon lange mehr oder weniger erfolgreich für die Erforschung derartiger Zeitsequenzen. Der Begriff "Sequenz" wird deshalb verwendet, weil die zu erfassenden Zeitpunkte immer nacheinander auftreten und somit eine in sich geschlossene Folge vorliegt, wenn man den Gesamtverlauf in Form von Zeitmarken registriert und anschließend analysiert. Man spricht deshalb auch von Sequenzanalysen. Derartige Analysen bilden gute Ansatzpunkte für die Erforschung des Wirkungsgefüges einer tierischen Verhaltensleistung im Sinne von MITTELSTÄDT (1961) und TODT (1967).

Voraussetzungen für Sequenzanalysen in der Ethologie sind somit Verhaltensabläufe mit zwar unregelmäßig erscheinendem Zeitverhalten, das sich aber im Ablauf des tierischen Verhaltens in bestimmten Zeitabständen gewissermaßen sequenzartig wiederholt. Derartige Analysen sind aber nur dann von Erfolg gekrönt, wenn zwei Voraussetzungen im Verhalten des Tieres erfüllt sind:

Das Tier muß einen bestimmten Ort immer wieder aufsuchen und das dann dort ablaufende Verhalten muß immer wieder zumindest ähnlich dem vorangegangenen sein.

Diese Voraussetzungen sind bei solchen Wildbienenarten gegeben, die ihre Brutzellen linear hintereinander anlegen. Dies ist bekanntlich bei *Osmia rufa* und *Anthophora acervorum* der

Fall. Aus diesem Grund führte und führe ich derartige Sequenzanalysen an diesen Wildbienen durch.

3 Beschreibung der Grundmethode

Mittels einer Laserschranke erfolgt das Sperren der Ein- und Ausflughöffnung einer von *Osmia rufa* zum Anlegen von Brutzellen benutzten Brutröhre. Da es mir in den Jahren vor 1992 gelang, mit Hilfe von Lehmsteinen *Anthophora acervorum* in meiner von einem Glasüberdach geschützten Anlage erfolgreich anzusiedeln, wurde ein in den Lehmstein von mir vorgebohrtes ca. 8 cm tiefes Loch nach Besiedlung durch eine Pelzbiene dieser Art ebenfalls in gleicher Weise gesperrt.

Jedesmal, wenn ein Ein- oder Ausflug durch die Wildbiene geschieht, schaltet die Laserschranke und schickt dieses Schaltsignal in eine Computeranlage, die sich ca. 20 m davon entfernt in einem Raum befindet. Für diesen Zweck ist spezielle Hardware erforderlich, die den Computer zu einer komplexen Computereinheit erweitert, um dieser Zielsetzung gewachsen zu sein. Für die weitere Bearbeitung des einlaufenden Signals und der Verarbeitung der dann anfallenden Daten mußte entsprechende Software von mir geschrieben werden.

Seit 1992 steht mir diese Computeranlage zur Verfügung, die gewissermaßen im On-line-Betrieb arbeitet, indem das Schaltsignal sofort einer Echtzeit zugeordnet wird und der Computer diese Werte speichert, gleichzeitig auf einem Matrixdrucker ausgibt und auf dem Monitor des Primär-Computers sofort Aktivität für Aktivität anzeigt. Eine Art Pseudographie erlaubt es, erste Analysen anzustellen.

4 Erfassung meteorologischer Daten

Drei Temperatursensoren wurden an verschiedenen Stellen des Umfeldes der nistenden Wildbienen installiert, deren aktuelle Werte laufend im oberen Teil des Monitorbildes des Primär-Computers angezeigt werden. Im Augenblick einer Aktivität erfolgt die Abspeicherung in Form einer verschlüsselten Zeichenkette (String) und die Ausgabe mittels des ersten Matrixdrucker als Druckzeile.

Die Installation des ersten Sensors, der eine Temperatur erfaßt, erfolgte hoch oben am Hausschornstein. Ein Standort, der im Falle von vorhandenem Sonnenschein nie beschattet ist. Der zweite und dritte Sensor fand seinen Platz in einer Frischluftzufuhr der Gas-Zentralheizung. Da zusätzlich im Rohr für diese Frischluft ein luftansaugender Ventilator von mir eingebaut wurde, strömt über die beiden Sensoren immer Luft mit einer Temperatur, die der Temperatur im Schatten sehr genau entspricht. Da aber der eine Sensor mittels Baumwolltuch und Wasser immer feucht gehalten wird, entsteht durch den ständigen Luft-

strom an diesem Sensor Verdunstungskälte in Abhängigkeit des Wassergehalts der Luft. Zwischen Wasserverdunstung, normaler Temperatur im Schatten und dieser "feuchten Schattentemperatur" besteht eine Gesetzmäßigkeit, die es letztlich ermöglicht, aus diesen beiden Werten die relative Luftfeuchtigkeit zu berechnen. Dies erfolgt fortwährend innerhalb einer kleinen Programmwarteschleife durch den Computer. Dieser Wert wird ebenfalls im oberen Teil des Monitors angezeigt und bei einer Aktivität mit in der schon genannten Zeichenkette (String) verschlüsselt, gespeichert und ausgedruckt. Einen solchen Ausdruck des Matrixdruckers zeigt Abbildung 1. Dabei stellt Zeile für Zeile jeweils eine Aktivitätsphase dar.

Am Abend erfolgt vom Programm gesteuert zu einer bestimmten Uhrzeit das Übertragen der am Tag vom Computer gesammelten Daten in Form eines Files auf Diskette. Sogar den File-Namen der Datei bildet das Programm automatisch aus den Anfangsbuchstaben der Wildbienen-Art und dem aktuellen Datum. Dadurch kann später jederzeit eine Zuordnung erfolgen. Nach der Diskettenabspeicherung wird der Tagesspeicher gelöscht und der Computer geht für die Nachtstunden in eine Art Ruhestellung, um sich um 6 Uhr des nächsten Tages automatisch wieder zu aktivieren. Dadurch ist es vom Prinzip her möglich, eine Zeiterfassung über einen längeren Zeitraum lückenlos durchzuführen.

Um in weiteren Untersuchungen herauszufinden, wann und bei welcher Temperatur unter Berücksichtigung der relativen Luftfeuchtigkeit diese Wildbiene aktiv wird bzw. aktiv bleibt, wurde ein sogenannter Meßmodus programmiert. Solange die Biene nicht aktiv ist, erfaßt das Programm automatisch alle 30 Minuten die vorhin beschriebenen meteorologischen Daten und legt sie zusammen mit der Uhrzeit im Speicher ab und druckt diese Werte als Matrixzeile. Für die spätere Analyse erhält diese Zeichenkette automatisch ein 'M' vorgeschaltet (M bedeutet Meßwert). In dem Augenblick, wo die Wildbiene zu ihrem ersten Ausflug startet, schaltet das Programm in den Modus "Laserschranke aktiv" um. Die von nun an abgespeicherten Daten besitzen keinen vorgeschalteten Buchstaben. Da es aber passieren kann, daß im Laufe des Tages während einer laufenden Aktivität das Wetter umschlägt, und die Biene nach ihrem letzten Einflug unter diesen für sie ungünstigen Bedingungen die Brutröhre möglicherweise nicht mehr verläßt, schaltet das Programm automatisch nach 45 Minuten wieder in den Meßmodus zurück.

Diese Art der Zeiterfassung bei gleichzeitiger Speicherung gewisser meteorologischer Daten gestattet es, zu einem späteren Zeitpunkt eine Vielzahl von Fragestellungen möglicherweise erfolgreich zu beantworten. Ein derartiges logisches Programm steht im Augenblick noch nicht zur Verfügung. Es wäre, wenn es logische Kriterien enthalten würde, aber sehr aussagekräftig. Beispielsweise könnte allein schon aus dem Vergleich der zwischen schattenfreier Temperatur (Temperatur bei direkter Sonnenbestrahlung) und der Temperatur im Schatten, ein entsprechend formuliertes Programm logische Aussagen über Sonnenscheindauer und -intensität, Bewölkungsgrad und weitere diesbezügliche Beurteilungen absolut sicher treffen.

Damit wäre eine Bewertung des Verhaltens bzw. der Aktivität unter Berücksichtigung der meteorologischen Bedingungen möglich.

01.05. 1992 START um 06 00 03

Tierart:		Anthophora acervorum C (alt) (C (alt))						
1. Messwert:	*M	06:30:00	T/Sch: 9.8	T/Feu: 7.0	T/Son: 8.3	rel/F:	67 %	
2. Messwert:	*M	07:00:00	T/Sch: 10.8	T/Feu: 7.8	T/Son: 11.1	rel/F:	66 %	
3. Messwert:	*M	07:30:00	T/Sch: 11.6	T/Feu: 8.7	T/Son: 12.6	rel/F:	67 %	
4. Messwert:	*M	08:00:01	T/Sch: 13.0	T/Feu: 9.8	T/Son: 15.2	rel/F:	67 %	
5. Flug um:	*M	08:07:58	T/Sch: 13.3	T/Feu: 10.0	T/Son: 15.4	rel/F:	66 %	
6. Messwert:	*M	09:00:00	T/Sch: 15.3	T/Feu: 11.5	T/Son: 17.6	rel/F:	64 %	
7. Flug um:	*E	09:23:26	T/Sch: 15.8	T/Feu: 12.2	T/Son: 18.5	rel/F:	66 %	
		DELTA = 1190						
8. Flug um:	*A	09:43:16	T/Sch: 16.4	T/Feu: 12.5	T/Son: 18.7	rel/F:	64 %	
		DELTA = 995						
9. Flug um:	*E	09:59:51	T/Sch: 17.4	T/Feu: 13.1	T/Son: 20.0	rel/F:	61 %	
		DELTA = 665						
10. Flug um:	*A	10:10:56	T/Sch: 17.6	T/Feu: 13.3	T/Son: 20.1	rel/F:	62 %	
		DELTA = 1349						
11. Flug um:	*A	10:33:25	T/Sch: 17.4	T/Feu: 13.3	T/Son: 20.2	rel/F:	63 %	
		DELTA = 147						
12. Flug um:	*A	10:35:52	T/Sch: 17.6	T/Feu: 13.5	T/Son: 20.6	rel/F:	63 %	
		DELTA = 917						
13. Flug um:	*E	10:51:09	T/Sch: 18.2	T/Feu: 14.0	T/Son: 22.0	rel/F:	63 %	
		DELTA = 179						
14. Flug um:	*A	10:54:08	T/Sch: 18.3	T/Feu: 14.1	T/Son: 21.8	rel/F:	63 %	
		DELTA = 1865						
15. Flug um:	*E	11:25:13	T/Sch: 18.5	T/Feu: 13.9	T/Son: 19.3	rel/F:	60 %	
		DELTA = 644						
16. Flug um:	*E	11:35:57	T/Sch: 18.6	T/Feu: 13.9	T/Son: 20.5	rel/F:	59 %	
		DELTA = 374						
17. Flug um:	*A	11:42:11	T/Sch: 18.9	T/Feu: 14.1	T/Son: 20.7	rel/F:	59 %	
		DELTA = 1717						
18. Flug um:	*E	12:10:45	T/Sch: 18.9	T/Feu: 14.3	T/Son: 19.0	rel/F:	61 %	
		DELTA = 215						
19. Flug um:	*A	12:14:23	T/Sch: 18.9	T/Feu: 14.3	T/Son: 19.3	rel/F:	61 %	
		DELTA = 1672						
20. Flug um:	*E	12:42:15	T/Sch: 19.1	T/Feu: 14.5	T/Son: 21.5	rel/F:	61 %	
		DELTA = 341						
21. Flug um:	*A	12:47:56	T/Sch: 19.2	T/Feu: 14.6	T/Son: 19.3	rel/F:	61 %	
		DELTA = 752						
22. Flug um:	*E	13:00:28	T/Sch: 18.2	T/Feu: 13.8	T/Son: 17.6	rel/F:	62 %	
		DELTA = 2516						
23. Flug um:	*A	13:42:24	T/Sch: 18.5	T/Feu: 14.0	T/Son: 19.5	rel/F:	61 %	
		DELTA = 1226						
24. Flug um:	*E	14:02:50	T/Sch: 18.7	T/Feu: 14.5	T/Son: 20.0	rel/F:	63 %	
		DELTA = 812						
25. Flug um:	*A	14:16:22	T/Sch: 19.4	T/Feu: 14.8	T/Son: 19.9	rel/F:	61 %	
		DELTA = 1541						
26. Flug um:	*E	14:42:03	T/Sch: 18.9	T/Feu: 14.5	T/Son: 18.2	rel/F:	62 %	
		DELTA = 408						
27. Flug um:	*A	14:48:51	T/Sch: 18.6	T/Feu: 14.5	T/Son: 17.5	rel/F:	64 %	
		DELTA = 596						
28. Flug um:	*E	14:58:47	T/Sch: 18.5	T/Feu: 14.3	T/Son: 17.4	rel/F:	63 %	
		DELTA = 3462						
29. Flug um:	*A	15:56:29	T/Sch: 18.5	T/Feu: 14.2	T/Son: 17.4	rel/F:	62 %	
		DELTA = 1546						
30. Flug um:	*E	16:22:15	T/Sch: 18.6	T/Feu: 14.3	T/Son: 17.4	rel/F:	63 %	
		DELTA = 428						
31. Flug um:	*M	16:29:23	T/Sch: 18.5	T/Feu: 14.3	T/Son: 17.5	rel/F:	63 %	
		DELTA = 181						
32. Flug um:	*A	16:32:24	T/Sch: 18.5	T/Feu: 14.3	T/Son: 17.4	rel/F:	63 %	
		DELTA = 594						
33. Flug um:	*M	16:42:18	T/Sch: 18.5	T/Feu: 14.2	T/Son: 17.2	rel/F:	62 %	
		DELTA = 787						
34. Flug um:	*M	16:55:25	T/Sch: 18.4	T/Feu: 14.1	T/Son: 16.7	rel/F:	62 %	
		DELTA = 83						
35. Flug um:	*M	16:56:48	T/Sch: 18.4	T/Feu: 14.1	T/Son: 16.7	rel/F:	63 %	
		DELTA = 53						
36. Flug um:	*M	16:57:41	T/Sch: 18.4	T/Feu: 14.1	T/Son: 16.6	rel/F:	63 %	
37. Messwert:	*M	18:00:01	T/Sch: 15.8	T/Feu: 12.5	T/Son: 12.7	rel/F:	69 %	
38. Messwert:	*M	18:30:01	T/Sch: 14.8	T/Feu: 11.9	T/Son: 11.6	rel/F:	71 %	

Abb. 1 Originalausdruck des Primär-Computers.

Dieser Computer erfasst alle für eine sofortige und auch spätere Analyse des Zeitverhaltens wichtigen Daten und gibt diese Aktivität auf einem Drucker aus. Bei den ersten Daten handelt es sich nur um meteorologische Daten, da die Wildbiene noch nicht aktiv ist und der Computer sich deshalb im Meßmodus befindet.

5 Voraussetzungen für eine Computer-Sofortanalyse

Für die spätere wissenschaftliche Analyse der Verhaltenssequenzen ist es bei dem Registrieren der Aktivitätsdaten erforderlich zu wissen, ob es sich bei den einzelnen Aktivitäten um Ein- oder Ausflüge handelt. Da eine RichtungsLaserschranke nicht zur Verfügung steht, habe ich im Programm die Möglichkeit geschaffen, mittels Fernschaltung über einen Fernbedienungseingang des Primär-Computers, je nach Erfordernis, die Aktivitätsdaten zu markieren. Am Ende einer zehnadrigen 20 m langen Steuerleitung befindet sich hierfür ein kleiner Schaltkasten. Je nachdem, welche der fünf vorhandenen Taster während einer Sichtkontrolle direkt an der Wildbienenwand von mir gedrückt wird, erhält der 20 m entfernt stehende Computer und somit letztendes der verschlüsselte Datenstring das entsprechend zugeordnete Zeichen in Form eines Buchstaben. Beispielsweise ein 'E' für Einflug und ein 'A' für Ausflug (s. Abb. 1).

Mit dem Primär-Computer über eine Schnittstelle verbunden ist ein Slave-Computer. Die Schaltverbindung zwischen beiden ist so gestaltet, daß jeder der beiden Computer sowohl empfangen als auch senden kann. Wobei zur Zeit noch ein Problem im gegenseitigen Dialog auftritt, wenn der Slave-Computer mit seinen Berechnungen noch nicht fertig ist, eine erneute Aktivität aber schon wieder vorliegt. Ursache für die dann auftretende Störung ist die Art der gewählten Schnittstelle, also hardwaremäßig bedingt. Diese zur Zeit noch vorhandene Einschränkung läßt sich aber nach meinen Programmiererfahrungen mit einem speziellen Programmierbefehl beheben. Unabhängig von diesem genannten Problem erhält der Slave-Computer in dieser Phase des Aktivitätsgeschehens der Wildbiene ebenfalls die Echtzeitdaten vom Primär-Computer übermittelt, also die Uhrzeit, zu der eine Aktivität erfolgte.

Der Slave-Computer beginnt sofort mit der Umrechnung der Uhrzeit (Echtzeit) in sogenannte Sekundenwerte (Skw) und berechnet die, bezogen auf die vorangegangene Aktivität, vergangene Zeit in Form einer Zeitwertdifferenz (Delta). Darüber hinaus werden Zeitvergleiche angestellt und Zeitwerttendenzen berechnet, die zwischen der Aufenthaltszeit innerhalb und außerhalb der Brutröhre im vorhergehenden Zeitablauf vorlagen.

Aus alledem entsteht als Ergebnis ein ganzes Netz von Zeitbeziehungen. Diese Zeiten werden zusätzlich in ein logisches Netz der unmittelbar vorab entstandenen Zeitbeziehungen und der schon vom Computer erfolgreich interpretierten Verhaltensphasen eingebunden, die vom Computer durch neue einlaufende Aktivitätszeiten laufend ergänzt und in ihrer Gesamtheit mit immer größer werdender Sicherheit bewertet werden. All dies setzt aber voraus, daß zumindest in gewissen Abständen per Hand eine Aktivitätsrichtung markiert sein muß. Erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt wiederum die Markierung der Aktivitätsrichtung, so überprüft der Slave-Computer, ob die zwischenzeitliche Abfolge in Bezug auf regelmäßiges Wechseln der Richtung widerspruchsfrei ist. Sollte dies einmal nicht der Fall sein, so

signalisiert der Slave-Computer dies auf dem Monitor mit den Worten "falsche Aktivitätsrichtung" und unterbricht seine Analyse bzw. beginnt mit der nun als neuen Anfang bewerteten Aktivität.

Diese fortlaufend durch Berechnungen entstehenden Zeitbeziehungen werden Aktivität für Aktivität auf dem Monitor des Slave-Computers und auf einem ihm zugeordneten Matrixdrucker sofort angezeigt bzw. ausgegeben.

Dieses so vom Slave-Computer umgesetzte biologische Zeitverhalten in eine qualitative Umdeutung bzw. semantische Umcodierung nenne ich Sequenzalgorithmen und es erfüllt somit ein sehr wesentliches Merkmal (Verkürzungsmerkmal) für ein Modell im Sinne von STACHOWIAK (1965). Es würde in diesem Rahmen zu weit führen, zu beweisen, daß auch weitere Merkmale im Sinne dieses Autors mit den von mir definierten Sequenzalgorithmen erfüllt werden.

Unter Sequenzalgorithmen verstehe ich mathematisch definierte Zeitabläufe, die bei einem schlagartig veränderten oder bei periodisch sich wiederholendem Tierverhalten an ganz bestimmten Stellen innerhalb des Gesamtverhaltens beim Anlegen von Brutzellen auftreten (TÖLKE 1973). Sie gestatten es, phänologisch nicht mehr zerlegbare Verhaltenseinheiten, die TEMBROCK (1955) Verhaltenssyndrome nennt, als Anfang bzw. als Ende mathematisch exakt zu definieren und damit einer Analyse durch einen Computer zuzuführen.

Sequenzalgorithmen ergeben sich somit aus dem zeitlichen Verhaltensablauf und deren Beziehung einzelner hintereinander ablaufender Verhaltensphasen bzw. deren Phasenzeitwerten zueinander und die sich daraus errechneten Phasenzeitwertquotienten. Wobei prinzipiell Innen-Phasenzeitwerte ($I/Phzw$) von Außen-Phasenzeitwerten ($A/Phzw$) unterschieden werden müssen. Aus der gewählten Beziehung dieser $I/Phzw$ und $A/Phzw$ zueinander, entstehen rechnerisch vier unterschiedliche Phasenzeitwertquotienten.

Bei *Osmia rufa* und vermutlich auch bei *Anthophora acervorum* sind die Phasenzeitwertquotienten als digitaler Wert zur Beurteilung der Sequenzalgorithmen nicht quantitativer sondern ausschließlich qualitativer Natur. Dies bedeutet, daß der Übergang von Verhaltenssyndrom zu Verhaltenssyndrom indirekt nicht als absoluter Zeitwert der errechneten Phasenzeitwerte auch nicht die Quotientenwerte - zu werten ist, sondern ausschließlich als Zeitwerttendenz einer Bewertung unterliegt, wenn eine Zuordnung der digitalen Werte zu entsprechenden analogen Graphiksymbolen erfolgt. Dabei unterscheide ich für die qualitative Bewertung eine sinkende Zeitwerttendenz und eine steigende Zeitwerttendenz. Diese Umbewertung entspricht somit der geforderten semantischen Umcodierung im Sinne von STACHOWIAK (1965). Als Code komme ich dabei mit zwei unterschiedlichen graphischen Symbolen aus und zwar 'Pfeil geschwärzt' steht an Stelle der Bewertung 'sinkende Zeitwerttendenz' und 'Pfeil leer' an Stelle von 'steigender Zeitwerttendenz'.

Meine jetzigen Ergebnisse bestätigen im vollen Umfang die von mir 1973 postulierten Aussagen, daß einmal erfaßte Zeitdaten eines Verhaltensablauf es gestatten, das ablaufende

bzw. abgelaufene Verhalten jederzeit durch einen Computer zu interpretieren, wenn eine derartige qualitative Umdeutung erfolgt und der Zeit-Code bekannt ist.

Vier eindeutig definierte Sequenzalgorithmen liegen bei *Osmia rufa* vor. Diese sind:

Tracht

Eiablage

Glättung

Bauverhalten beenden (Basiswand).

Die analogen graphischen Symbole, die derartige Sequenzalgorithmen repräsentieren, sind in der Abbildung 2 dargestellt. Durch den logisch bedingten Ablauf des Gesamtverhaltens könnte natürlich auch der Computer das Bauen einer Lehmwand interpretieren. Da dies aber nicht aus den Zeitwerttendenzen möglich ist, weil hier kein eindeutiger Sequenzalgorithmus vorliegt, wurde hier dieses Verhaltenssyndrom nicht gesondert ausgewiesen.

Das Zeitverhaltens-Modell, wie ich die gesamten dabei ablaufenden Sequenzalgorithmen nenne, ist nun soweit ausgereift, daß die Interpretation mittels des Slave-Computers und dem in ihm enthaltenen Programm gewissermaßen im On-line-Betrieb jeweils den gesamten Verhaltensablauf beim Anlegen von Brutzellen in Form von digitalen Werten als auch mittels der schon erwähnten analogen graphischen Symbole auf dem Bildschirm anzeigt und auch gleichzeitig interpretiert. Die Ausgabe der Interpretation in verbaler Form durch den Computer erfolgt zusammen mit den anderen Werten gleichzeitig in Form eines Matrixausdruckes.

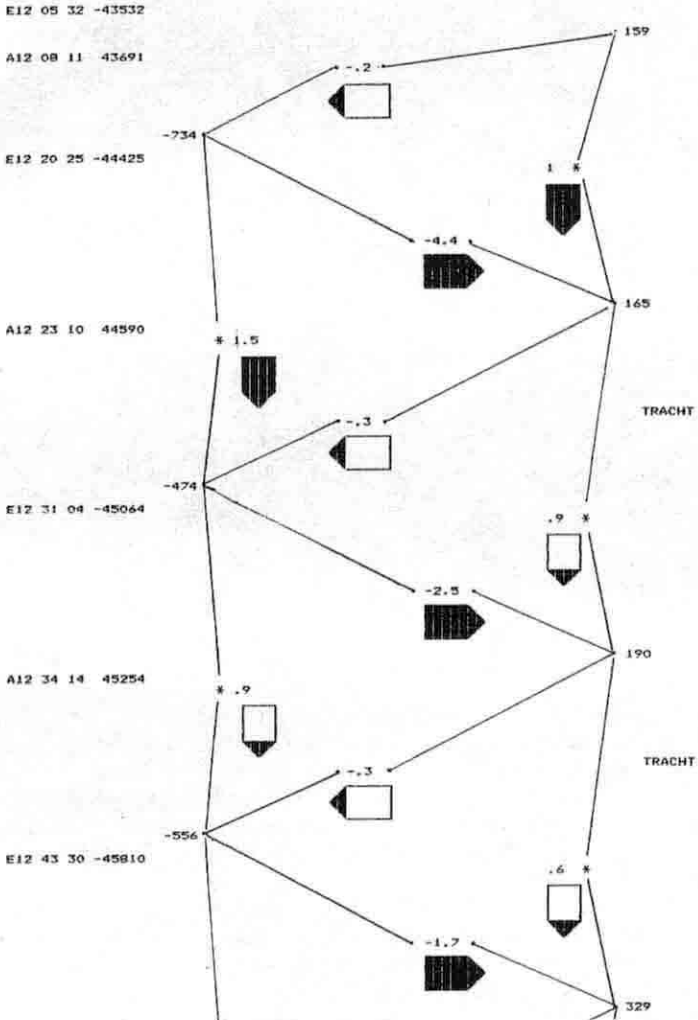
Vermutlich wird es auf diese Weise sogar möglich sein, in bestimmten Situationen eine Prognose auf das zukünftige Verhalten zu wagen, zumindest in Bezug auf die nächstfolgende Aktivität. Dies scheint deshalb möglich zu sein, weil das Verhalten in Bezug auf Zeitwerttendenzen an Übergängen zu anderen Verhaltenssyndromen gewissermaßen umkippt. Es gibt Hinweise dafür, daß sich dieses "Umkippen" zumindest eine Aktivitätsphase vorher ankündigt. Es könnte dann aber notwendig sein, noch weiter zurückliegende Phasenzeitwerte in die Quotientenbildung mit einzubeziehen. Dies würde Möglichkeiten zur gezielten Beobachtung eröffnen, mit deren Hilfe sich beispielsweise in Bezug auf die zwischen Kuckuck und Wirt bestehenden Abhängigkeiten in Zukunft einer leichteren Analyse unterziehen ließen. So ließe sich die Frage beantworten, ob ein Kuckuck das Zeitverhalten seines Wirtes kennt.

Das für mich Erstaunliche aus meinen jetzt neu durchgeführten Untersuchungen besteht aber darin, daß mit den gleichen Programmen, also mit dem gleichen Zeitverhaltens-Modell von *Osmia rufa* sich auch Verhaltenssyndrome von *Anthophora acervorum* in übereinstimmender Weise analysieren lassen. Möglicherweise ein Zeichen dafür, daß auch bei anderen Wildbienen im Prinzip das identische oder zumindest ähnliche Zeitverhaltens-Modell vor-

handen ist, zumindest bei solitären Apiden, die Brutzellen linear anlegen und zum Abgrenzen bzw. Bau ihrer Brutzellen Lehm verwenden.

Anthophora acervorum im Lehmstein mit vorgebohrtem Loch (falt)
27.04.1992 START um 08 45 18 File AN 13049215

Uhrzeit Skm A/Phzw 1.Quotient 2.Quotient 3.Quotient 4.Quotient I/Phzw Ip



Forts. s. S. 68

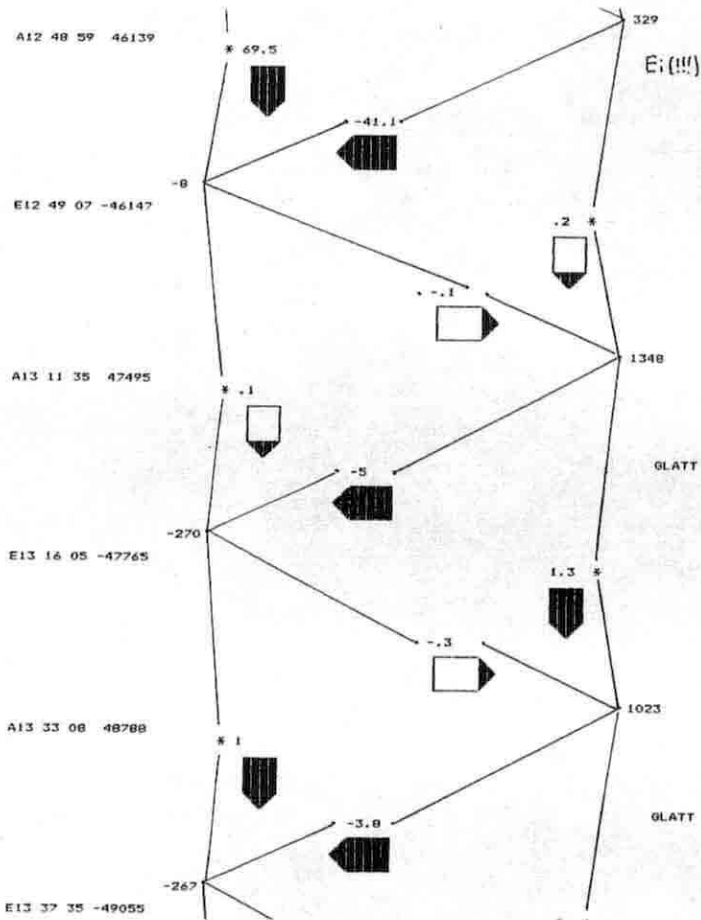


Abb. 2 Darstellung der Sequenzalgorithmen und Zeitwerttendenzen

Der Slave-Computer erhält vom Primär-Computer fortlaufend die registrierten Uhrzeiten und interpretiert diese sofort nach einem vorgegebenen Zeitverhaltens-Modell des Autors. Gleichzeitig setzt er die errechneten Werte (Quotienten) in analoge Grafiksymbole um. Aus diesen Pfeilen ist die jeweilige Zeitwerttendenz besser ablesbar als aus digitalen Werten. Diese Symbole erscheinen auf dem Monitor und werden gleichzeitig Interpretation für Interpretation fortlaufend gedruckt.

Die Linien im Druckbild wurden nachträglich vom Autor eingefügt, damit der Leser sich in dem Netz der Zeitbeziehungen leichter zurecht findet. Die Eiablage ist bei *Anthophora acervorum* zur Zeit noch nicht als Sequenzalgorithmus definiert, sondern ergibt sich aus dem logischen Verhaltensablauf. Die Eintragung "Ei (!!!)" erfolgte also vom Autor nachträglich. Alle anderen Interpretationen führt der Slave-Computer aus.

6 Literatur

Tölke, A. (1973): Quantitative und qualitative Analyse von Verhaltenssequenzen mit Hilfe einer elektronischen Kleinrechenanlage - demonstriert am Beispiel *Osmia rufa* (L.). Biol. Zbl. 92 (1): 1-25
s. dort auch weitere Literatur

7 Danksagung

Herrn J. KIND danke ich für die Unterstützung bei der Umsiedlung der Wildbienenarten.
Herrn Dipl. Ing. M. BECKER danke ich für das Bauen von speziellen Hardware-Teilen, die den Computer in ein automatisch arbeitendes Zeiterfassungsgerät verwandelten.