

FID Biodiversitätsforschung

Decheniana

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der Rheinlande und
Westfalens

Beitrag zur Brutfürsorge des Trichterwicklers *Deporaus betulae* - mit 1
Tabelle und 8 Abbildungen im Text

Painta, Felix

1968

Digitalisiert durch die *Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main* im
Rahmen des DFG-geförderten Projekts *FID Biodiversitätsforschung (BIOfid)*

Weitere Informationen

Nähere Informationen zu diesem Werk finden Sie im:

Suchportal der Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt am Main.

Bitte benutzen Sie beim Zitieren des vorliegenden Digitalisats den folgenden persistenten
Identifikator:

[urn:nbn:de:hebis:30:4-170479](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hebis:30:4-170479)

Festschrift „40 Jahre Arbeitsgemeinschaft rheinischer Coleopterologen (1927–1967)“

Beitrag zur Brutfürsorge des Trichterwicklers *Deporaus betulae* *)

Von Felix Painta, Gelsenkirchen

Mit 1 Tabelle und 8 Abbildungen im Text

(Eingegangen am 1. 12. 1966)

Das große Reich der Insekten in seiner Vielfalt birgt noch zahlreiche ungelöste Probleme. Eines davon ist die eigenartige Brutfürsorge des 4 bis 4,5 mm großen schwarzen Rüsselkäfers *Deporaus betulae*, der wegen seiner bemerkenswerten Tätigkeit als Baumeister in der Natur auch Trichterwickler genannt wird.

Im Frühjahr kann man ihn oft an Birken, Haseln, Buchen und Erlen bei der Arbeit beobachten. Nur ausnahmsweise sucht er andere Bäume oder Sträucher auf.

Das Weibchen des Käfers wickelt Blätter genannter Bäume auf eine nur von ihm ausgeführte Weise zu Trichtern. Bevor der Käfer mit dem Wickeln beginnt, läuft er auf der Unterseite des Blattes umher und sucht nach schadhafte Stellen, etwa Lochfraß durch andere Insekten, Miniergänge von Larven und ähnliches. Findet er Schadhafte Stellen, so verläßt er das Blatt und wendet sich einem anderen zu, wie es Verfasser in Ramsau bei Berchtesgaden und in Ruhpolding beobachten konnte. Dieses Umherlaufen auf der Blattunterseite ist manchmal als Ausmessen des Blattes gedeutet worden. Das kann es jedoch nicht sein, denn zum Messen gehört das Zählen und das wäre doch eine Intelligenzleistung, die man dem Käfer nicht zutrauen kann. Ist das Blatt fehlerfrei, beginnt er sofort mit dem sonderbaren Schnitt, dessen Form die Biologen seit langem beschäftigt. Der Anschnitt beginnt am Blattrand der rechten oder linken Blatthälfte. Der erste Schnitt führt in einem S-förmigen Bogen, der einem stehenden S ähnelt, vom Blattrand und endet an der Mittelrippe. Bei kleineren Blättern beginnt der Schnitt höher am Blattrand nach dem Stengel zu, bei größeren liegt er tiefer. Hat der Schnitt die Mittelrippe erreicht, klettert der Käfer etwa 3 bis 6 mm an der Mittelrippe empor, ritzt die Mittelrippe leicht an, und geht über auf die andere Blatthälfte. Von der angeritzten Stelle schneidet er an der Rippe entlang abwärts bis er ungefähr in Höhe des Auslaufs der ersten Kurve angelangt ist. Diese Schnittführung ist die sogenannte Aufhängevorrichtung. Er schneidet von dort in einem flacheren S-Bogen, der einem liegenden S ähnlich ist, zum Blattrand der zwei-

*) Col., Curculionidae.

ten Blatthälfte. Von hier läuft er an dem Schnitt entlang zu der angeritzten Stelle der Mittelrippe zurück. Hier nagt er jetzt die angeritzte Rippe tiefer durch um den Saftstrom zu unterbrechen. Auf diesem rückläufigen Weg kontrolliert er, ob auch alle Seitenrippen gut durchschnitten sind. Am Punkt des Schnittbeginns angekommen, wartet er etwa 15 bis 20 Minuten, bis der untere Teil des Blattes anfängt zu welken und dadurch weicher geworden ist. Ist es soweit, beginnt er sofort mit dem Wickeln des Trichters. Wenn dieser fertig ist, heftet er das Schnittende durch einen tiefen Einstich mit dem Rüssel an den Trichter fest. Dann begibt er sich in den Trichter, nagt an den Rippen winzige Taschen und legt in jede ein Ei, etwa 3 bis 5 Eier insgesamt in einen Trichter. In der Regel sind die Trichter unten offen, nur die an ausladenden Zweigen über einem Wasser, Bach oder Tümpel hängen, sind unten geschlossen, wodurch das Herabfallen der Larven ins Wasser verhindert wird.

Dieses eigenartige Verhalten des Käfers hat die Biologen schon seit langem auf ihn aufmerksam gemacht. An Theorien zur Erklärung und Begründung desselben fehlt es nicht, doch keine vermochte eine befriedigende Lösung dieses Problems zu bringen.

So hat bereits vor 120 Jahren der rheinische Mathematiker E. HEISS die sogenannte „Mathematische Theorie“ aufgestellt, nach welcher die Anbringung dieser Schnitte für das Wickeln der Trichter die günstigste ist. Ferner hat er nachgewiesen, daß der Blattumfang, ohne Spitze und Zähnelung, sich zu dem Kreis, der durch Ergänzung des unteren Bogens des stehenden S-Schnittes entsteht, wie Evolvente : Evolute verhält. Der Blattumfang wäre demnach die Abwicklungskurve des Kreises, der die Evolute darstellt.

Das ist insofern richtig, als der Blattumfang, ohne Spitze und Zähnelung, in seiner Länge der mathematischen Evolvente U bei der Abwicklungs-Amplitude 2π entspricht. Die Abwicklungskurve eines Kreises ist seine Kreisevolvente und es verhält sich ein jeder Kreis zu seiner Kreisevolvente wie $1 : \pi$.

Die Theorie von HEISS wurde zum Teil anerkannt, zum Teil abgelehnt. Wenn ROSKOTHEN in seiner Arbeit über dieses Problem (Decheniana, 116, 67, 1963) schreibt: „Die mathematische Theorie, die den Schnitt als Abwicklungskurve des Blattrandes auffaßt . . .“, so ist diese Darstellung ein Irrtum.

Um weiteren Mißverständnissen vorzubeugen, sollen diese mathematischen Verhältnisse am Blatt kurz zusammengestellt werden:

1. Der untere Bogen des stehenden S-Schnittes wird zum Kreis ergänzt. Dieser Kreis ist die Evolute.
2. Wird die Evolute abgewickelt, gibt das die Abwicklungskurve, die auch Kreisevolvente genannt wird.
3. Die Kreisevolvente hat ihr Ende erreicht bei der Amplitude 2π , denn bei diesem Punkt ist der ganze Evolutenumfang abgewickelt.

Der Verfasser hat die Theorie von HEISS vorurteilslos einer genauen Prüfung unterzogen und diese nicht nur bestätigt gefunden, sondern auch weitere mathematischen Beziehungen am Trichterblatt entdeckt. Die Untersuchungen wurden in der Mehrzahl an Trichterblättern der Hasel durchgeführt, da die größeren Blätter genauere Messungen zulassen, die als Grundlage für weitere und genaue Berechnungen unbedingt erforderlich sind.

Das Vorkommen dieser Teilung ist hier nicht ein Einzelfall. Man hat sie öfter an Naturobjekten gefunden. Tabelle 1 zeigt übersichtlich diese Teilung einer Mittelrippe an 14 Trichterblättern. Es wurden weit mehr Blätter in dieser Weise geteilt und volle Übereinstimmung mit den Meßergebnissen erzielt. Abb. 1 zeigt die Teilung der Mittelrippe des Trichterblattes 9, Gang der fortlaufenden Rechnung und Übersicht der Lage der Teilungsabschnitte auf der Mittelrippe. Für jedes Trichterblatt wurde eine solche Tabelle angelegt; die Genauigkeit der Teilungsergebnisse war stets weit besser als die durch Messen erhaltene. Von der Genauigkeit der Teilungsergebnisse hängt aber die Genauigkeit der Endresultate ab.

In der Tabelle 1 sind die Trichterblätter nach der Länge der Mittelrippen geordnet. Bei den Trichterblättern 1 bis 11 ist $AK > AD$, bei Blatt 12 bis 14 dagegen ist $AK < AD$, d. h. bei diesen großen Blättern hat der Käfer tief geschnitten. Auffallend ist die 9malige Wiederkehr der Abschnitte $AB + BK$ für den Abschnitt AK , der den Endpunkt des S-Schnittes bildet.

In der Abb. 2 sind die 14 Mittelrippen mit ihren Teilungsabschnitten zu Kurven koordiniert dargestellt. Diese zeigen anschaulich, daß mit zunehmender Größe der Mittelrippen auch die Abschnitte größer werden und allgemein eine steigende Tendenz haben mit gewissen Schwankungen, die durch den S-Schnitt bedingt sind. Auffallend ist der lineare Verlauf der Kurve für den Abschnitt $BS = EF = y$. Dieser hat die konstante Teilungsformel $M \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^4$, die für alle Betulaceen-Blätter gültig ist. Die Bestimmung dieses Abschnittes kann noch auf einem anderen Wege erfolgen, wodurch er genau definiert wird.

Zwischen dem Wachstum der Mittelrippe und dem der Blattspitze besteht ein gewisses Verhältnis, normale Wachstumsverhältnisse vorausgesetzt.

Bezeichnet x die Mittelrippe, dx deren Längenzuwachs, y die Spitze und dy deren Längenzuwachs, so ergibt sich daraus folgende Proportion:

$$(x + dx) : (y + dy) = x : y$$

daraus die Differentialgleichung:

$$\frac{dy}{y} = \frac{dx}{x}$$

und

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y}{x}$$

$$\int \frac{dy}{y} = \int \frac{dx}{x}$$

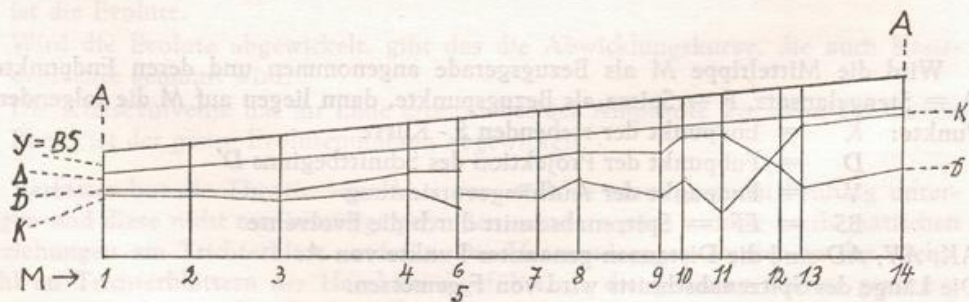


Abbildung 2. Koordinierte Mittelrippen und deren Abschnitte M , $BS = y$, AD , AK , von 14 Trichterblättern.

$EF = BS = y$	Blattumfang	Evolute	Evoluten- durchmesser	$\frac{\text{Blattumfang}}{\text{Evolute}}$
$2\pi_K \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2} \right)^4$	U_K	$\frac{u_K}{2\pi_K - (\Delta + BS)}$	$2 a_K = \frac{u_K}{\pi}$	$\frac{U_K}{u_K}$
0,81716	11,48	3,65367	1,1636	3,1442 : 1
0,88284	12,15	3,86757	1,2317	3,1415 : 1
0,9485	11,9	3,793	1,2079	3,137 : 1
1,04335	15,9	5,06235	1,6122	3,1408 : 1
1,0798	15,66	4,9855	1,5877	3,141 : 1
1,0798	17,26	5,49487	1,75	3,141 : 1
1,138	17,35	5,524	1,7592	3,1409 : 1
1,1528	17,57	5,5945	1,7817	3,1406 : 1
1,2112	18,46	5,877783	1,87719	3,1406 : 1
1,22571	21,06	6,70606	2,1357	3,1404 : 1
1,25494	21,56	6,86558	2,1865	3,1403 : 1
1,2987	17,64	5,61712	1,7889	3,1404 : 1
1,3133	21,6	6,8754	2,1896	3,1416 : 1
1,40084	24,9	7,92866	2,5251	3,1404 : 1

Tabelle 1. Stetig getriebene Mittelschleppen von Trichterblütern (Blau) des Trichterwicklers *Dryocorus brevipalpis*. Alle Maße in cm.

Trichter	Mittelschleppweite $2R_c$	AK			AD			$\frac{A(AD) + AK - AD}{A(BK) + BK - AK}$	$EF = ES - r$	Blattumfang	Evolute	Evoluten-durchmesser	Blattumfang Evolute
		Teilungsabschnitt	Formel	Zahlenwert	Teilungsabschnitt	Formel	Zahlenwert						
1	1,0	AB	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,0201	$\overline{AB} \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	0,19253	$\frac{d_{AD}}{d_{AK}}$ 1,12917	0,81719	11,49	1,01987	1,1499	1,1492 : 1
2	2,01	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,63999	$\overline{AB} \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	0,33726	$\frac{d_{AD}}{d_{BK}}$ 1,29999	0,88284	12,11	1,46757	1,2917	1,1411 : 1
3	3,0	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	2,12007	BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	0,4623	$\frac{d_{AD}}{d_{BK}}$ 1,7193	0,9481	11,8	1,291	1,3079	1,117 : 1
4	2,21	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,08761	BS	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,08331	$\frac{d_{AD}}{d_{BS}}$ 1,0443	1,04331	15,9	1,06239	1,0123	1,1409 : 1
5	7,4	AB + BK BK = BS + SK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$ AB + BS + SK	1,0818	AB	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,7971	$\frac{d_{AD}}{d_{AB}}$ 1,1147	1,0799	13,66	1,0955	1,0877	1,101 : 1
6	7,4	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,91486	AK - VK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 - 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$ AB BK VK	1,18911	$\frac{d_{AD}}{d_{BK}}$ 0,82331	1,0799	17,26	1,09487	1,71	1,141 : 1
7	7,8	AS AS = AB + BS	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,9799	AB	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,9811	$\frac{d_{AD}}{d_{AB}}$ 1,138	1,138	17,31	1,328	1,7193	1,1609 : 1
8	7,8	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,9211	BS	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,1328	$\frac{d_{AD}}{d_{BS}}$ 1,1328	1,1328	17,37	1,998	1,7617	1,1606 : 1
9	8,3	AS AS = AB + BS	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,17087	AB	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,9586	$\frac{d_{AD}}{d_{AB}}$ 1,21097	1,2112	18,46	1,87743	1,87719	1,1606 : 1
10	8,4	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	2,41143	AB	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,9811	$\frac{d_{AD}}{d_{AB}}$ 0,86823	1,23171	21,06	1,70626	2,1957	1,1604 : 1
11	8,6	AS + 1 BS = AB + 2 BS	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	4,14028	AS - SV	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	4,0809	$\frac{d_{AD}}{d_{BS}}$ 0,87998	1,21498	21,36	1,86558	2,1885	1,1603 : 1
12	8,8	$BK \left(\frac{r^2-1}{2}\right) - AB \left(\frac{r^2-1}{2}\right)$	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	0,90268	AB + AV + $2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)$	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,78466	$\frac{d_{AD}}{d_{BK}}$ 1,08418	1,2987	17,84	1,61713	1,7889	1,1604 : 1
13	8,8	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,6208	AS	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,8379	$\frac{d_{AD}}{d_{AS}}$ 0,8111	1,2137	21,8	1,8754	2,1999	1,1616 : 1
14	8,8	AB + BK	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,1321	AS - DS	$2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2 + 2R_c \left(\frac{r^2-1}{2}\right)^2$	1,8028	$\frac{d_{AD}}{d_{DS}}$ 0,3701	1,40014	24,9	1,92866	2,3213	1,1604 : 1

durch logarithmische Integration ergibt sich

$$\begin{aligned} \ln y &= \ln x + \ln C \\ &= \ln(x + C) \end{aligned}$$

die allgemeine Lösung $y = Cx$

Für die partikuläre Lösung muß noch die Integrationskonstante C bestimmt werden. Diese kann aus der Bedingung ermittelt werden, daß der Punkt $\frac{x_K}{y_K}$ auf der Grundkurve liegen muß, so ist, wenn $y = \overline{BS}_K$, $x = \mathfrak{M}_K$ gesetzt wird,

$$\begin{aligned} \frac{y_K}{x_K} &= C \\ &= \frac{\overline{BS}_K}{\mathfrak{M}_K} \\ &= \frac{\mathfrak{M}_K \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^4}{\mathfrak{M}_K} \\ &= \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^4 \end{aligned}$$

da aber $\frac{y}{x} = \frac{dy}{dx}$

so ist auch $y' = \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^4$

und $\frac{dy}{dx} = y' = C = \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^4$ ist der Differentialquotient;

aus $\frac{y}{x} = \frac{dy}{dx}$

folgt $y = \frac{xdy}{dx}$
 $= xy'$
 $= \mathfrak{M} \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^4$
 $y = \overline{BS}$

d. h. Der Blattspitzenabschnitt $BS=y$ ist gleich dem Produkt: Mittelrippe \times Differentialquotienten

also $y = \mathfrak{M}y'$

Der Differentialquotient $C = y' = \left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^4 = 0,14592$ ist für alle Trichterblätter konstant, sofern es Blätter von Betulaceen sind. Der Faktor $\left(\frac{\sqrt{5}-1}{2}\right)^4$ ist derselbe, der sich durch die stetige Teilung der Mittelrippe ergibt. Die Gleichung der durch die Evolventen abgeschnittenen Spitzenabschnitte lautet demnach, wenn $M = x$ gesetzt wird:

$$y = 0,14592 x$$

Sie ist linear, wie es Abbildung 2 u. 5 veranschaulicht.

Es hat sich bisher gezeigt, daß alle Abschnitte auf der Mittelrippe durch eine mathematische Formel darstellbar sind. Für $BS = xy'$, wurde eine allgemeingültige Formel gefunden, für die anderen Abschnitte gelten die Formeln der stetigen Teilung der Mittelrippe.

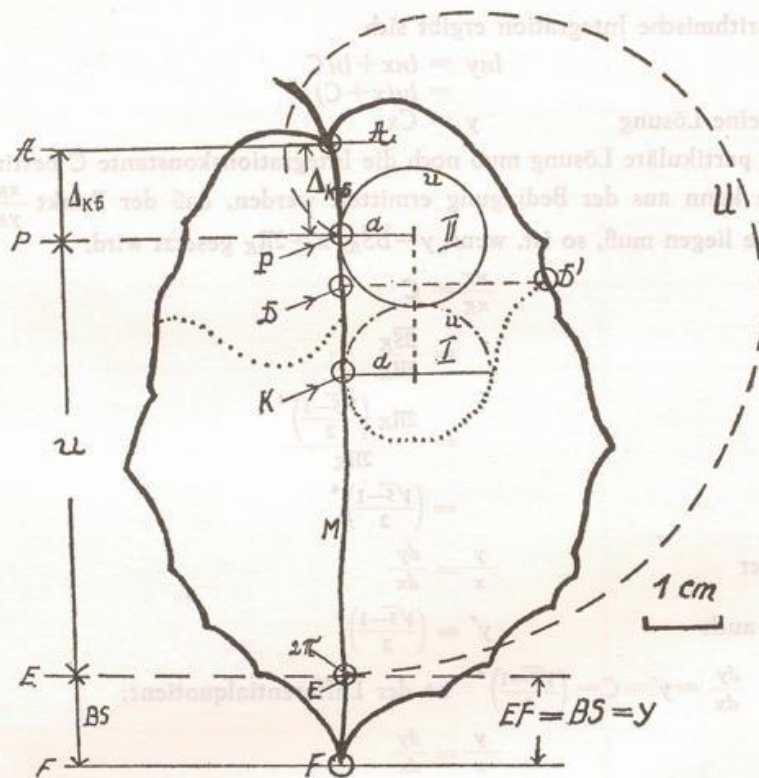


Abbildung 3. Trichterblatt 9

- D = Projektion des Schnittbogens D' auf M
 K = Endpunkt des S-Schnittes auf M
 $EF = BS =$ Blattspitzen-Abschnitt y
 u = Umfang der Evolute
 U = Evolventenbogen
 P = Beginn der Evolvente
 2π = Amplitude u. Ende des Evolventenbogens
 $2a$ = Durchmesser der Evolute
 $\Delta_{KD} = AK - AD$, denn $AK > AD$
 Punktiert = S-Schnitt des *Deporaus betulae*
 Strichpunktirt = Ergänzung des unteren Bogens des S-Schnittes zum Kreis I = Evolute
 Kreis II = transformierte Evolute von K nach P

Aber auch die noch ausstehenden Stücke, wie der Durchmesser $2a$ der Evolute und deren Umfang ($= u$), die zugehörige Evolvente ($= U$) lassen sich mathematisch bestimmen. Der Umfang des Trichterblattes ($= U'$) wird gemessen, was sehr sorgfältig ausgeführt werden muß.

Der Evolutendurchmesser $2a$ kann durch Messen gefunden werden, doch nicht hinreichend genau, denn oft ist der Schnitt beschädigt, so daß eine Messung sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich ist. Dann führt folgende vom Verfasser entwickelte Methode zum Ziel (Abb. 3 u. 4):

Der S-Schnitt beginnt in D' und endet in K an der Mittelrippe. Die vertikale Distanz beider Punkte ist KD auf M . Wird AD von AK subtrahiert, dann ist $AK -$

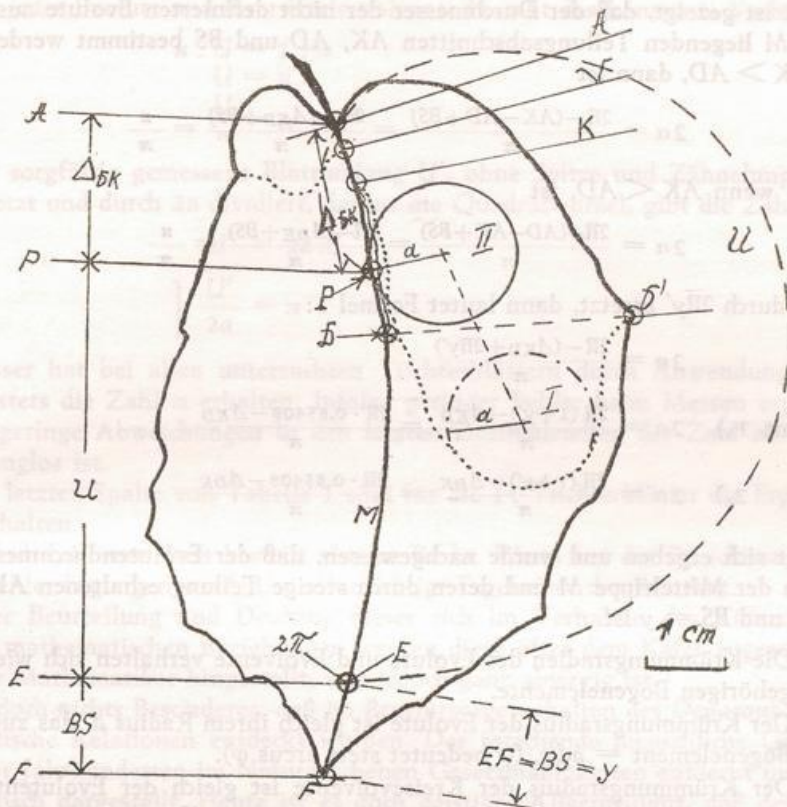


Abbildung 4. Trichterblatt 12

$\Delta DK = AD - AK$, denn $AK < AD$
 Kreis II = transformierte Evolute I nach P
 Alle anderen Bezeichnungen wie bei Trichterblatt 9 (Abb. 3)

AD die Differenz = Δ_{KD} , falls $AK > AD$, andernfalls $AD - AK$, wenn $AK < AD$, also $AD - AK = \Delta_{DK}$. Wird Δ von M bezüglich A subtrahiert, gibt das den Punkt P, AP ist dann gleich Δ . K wird nach P transformiert und damit auch die Lage der noch nicht definierten Evolute verändert, so daß nun P deren Berührungspunkt mit M darstellt. Die Abwicklung der noch unbekanntenen Evolute beginnt jetzt in P und erreicht in Punkt E ihr Ende, da sie in E die Amplitude 2π erreicht hat. Es ist dann EP die maximale Tangente t_m der Evolute und ihre Länge ist gleich dem Umfang der Evolute = $2a\pi$. Die Länge der Tangente ist aber auch

$$\begin{aligned} t_m &= 2a\pi \\ t_m &= EP \\ \frac{2a\pi}{\pi} &= \frac{EP}{\pi} \\ \mathfrak{N} - (\Delta + BS) &= \frac{EP}{\pi} \\ 2a\pi &= \mathfrak{N} - (\Delta + BS) \\ 2a &= \frac{\mathfrak{N} - (\Delta + BS)}{\pi} \end{aligned}$$

Damit ist gezeigt, daß der Durchmesser der nicht definierten Evolute aus M und den auf M liegenden Teilungsabschnitten AK , AD und BS bestimmt werden kann. Wenn $AK > AD$, dann ist

$$1.) \quad 2a = \frac{2\mathfrak{N} - (AK - AD + BS)}{\pi} = \frac{2\mathfrak{N} - (\Delta_{KD} + BS)}{\pi} = \frac{u}{\pi}$$

wenn $AK < AD$, ist

$$2.) \quad 2a = \frac{2\mathfrak{N} - (AD - AK + BS)}{\pi} = \frac{2\mathfrak{N} - (\Delta_{DK} + BS)}{\pi} = \frac{u}{\pi}$$

Wird BS durch $2\mathfrak{N}y'$ ersetzt, dann lautet Formel 1:

$$2a = \frac{2\mathfrak{N} - (\Delta_{KD} + 2\mathfrak{N}y')}{\pi}$$

$$\text{umgeformt } 1_b) \quad 2a = \frac{2\mathfrak{N}(1+y') - \Delta_{KD}}{\pi} = \frac{2\mathfrak{N} \cdot 0,85408 - \Delta_{KD}}{\pi}$$

$$\text{„ } 2_b) \quad 2a = \frac{2\mathfrak{N}(1+y') - \Delta_{DK}}{\pi} = \frac{2\mathfrak{N} \cdot 0,85408 - \Delta_{DK}}{\pi}$$

Es hat sich ergeben und wurde nachgewiesen, daß der Evolutendurchmesser eine Funktion der Mittelrippe M und deren durch stetige Teilung erhaltenen Abschnitte AK , AD und $BS = y$ ist.

1. Die Krümmungsradien der Evolute und Evolvente verhalten sich wie die zugehörigen Bogenelemente.
2. Der Krümmungsradius der Evolute ist gleich ihrem Radius a , das zugehörige Bogenelement $= a d\varphi$. (φ bedeutet stets arcus φ).
3. Der Krümmungsradius der Kreisevolvente ist gleich der Evolutentangente $a\varphi$, die zugleich Normale der Evolvente ist: $t = \mathfrak{N} = a \text{ arc } \varphi$. Das zugehörige Bogenelement ist ds .

Aus diesen Sätzen ergibt sich folgende Proportion:

$$a : a d\varphi = a\varphi : ds$$

$$a d\varphi \cdot a\varphi = ads$$

$$a\varphi \cdot d\varphi = ds \quad \text{als Bogenelement der Kreisevolvente.}$$

Diese Differentialgleichung gibt den Evolventenbogen S

$$a\varphi \cdot d\varphi = ds$$

$$S_K = a \int_0^{\varphi_K} \varphi \cdot d\varphi = \frac{a\varphi^2}{2} \quad \text{allgemeine Formel, Amplitude} = \varphi_K$$

Für den ganzen Evolventenbogen, Amplitude $= 2\pi$.

$$S(2\pi) = \frac{a(2\pi)^2}{2} = 2a\pi^2 = U$$

Für $2a$ der gefundene Ausdruck eingesetzt

$$\begin{aligned} S_K &= [M_K - (\Delta + y)] \pi = U \\ &= u\pi = U \\ &= (M_K \cdot 0,85408 - \Delta) \pi = U \end{aligned}$$

Zwischen jeder Evolute und ihrer Kreisevolvente besteht das konstante Verhältnis

$$\begin{aligned} u : U &= 1 : \pi \\ U &= u \pi \\ \frac{U}{u} &= \pi \end{aligned}$$

Wird der sorgfältig gemessene Blattumfang U' , ohne Spitze und Zähnelung, gleich $2a\pi^2$ gesetzt und durch $2a$ dividiert, daraus die Quadratwurzel, gibt die Zahl π

$$\begin{aligned} U' &= 2a\pi^2 \\ \sqrt{\frac{U'}{2a}} &= \pi \end{aligned}$$

Verfasser hat bei allen untersuchten Trichterblättern durch Anwendung obiger Formeln stets die Zahl π erhalten. Infolge geringer Fehler beim Messen ergibt das Resultat geringe Abweichungen in den letzten Dezimalstellen der Zahl π , was jedoch belanglos ist.

In der letzten Spalte von Tabelle 1 sind für die 14 Trichterblätter die Ergebnisse für π enthalten.

Der Nachweis von Heiss besteht also zu Recht. Wenn bei der Berechnung, beim Messen Fehler begangen werden, sind unrichtige Ergebnisse das Resultat.

Bei der Beurteilung und Deutung dieser sich im Verhalten des Käfers offenbarenden mathematischen Beziehungen werden diese öfter dem Käfer zugeschrieben und er als Mathematiker hingestellt, was jedoch ganz abwegig ist.

Es ist doch nichts Besonderes, daß im Brutfürsorgeverhalten des *Deporaus betulae* mathematische Relationen entdeckt wurden. Der forschende menschliche Geist hat bereits vor Jahrhunderten im Naturgeschehen Gesetzmäßigkeiten entdeckt und diese mathematisch dargestellt. Heute ist es doch geistiges Allgemeingut, daß der ganze Makro- als auch Mikrokosmos gesetzmäßig aufgebaut ist. In Astronomie, Physik und Chemie hat die Mathematik seit langem Eingang gefunden. In der Welt des Organischen mit seiner Vielfalt an Erscheinungen war es ungleich schwieriger, derartige Beziehungen zu entdecken und sie dann mathematisch exakt zu formulieren.

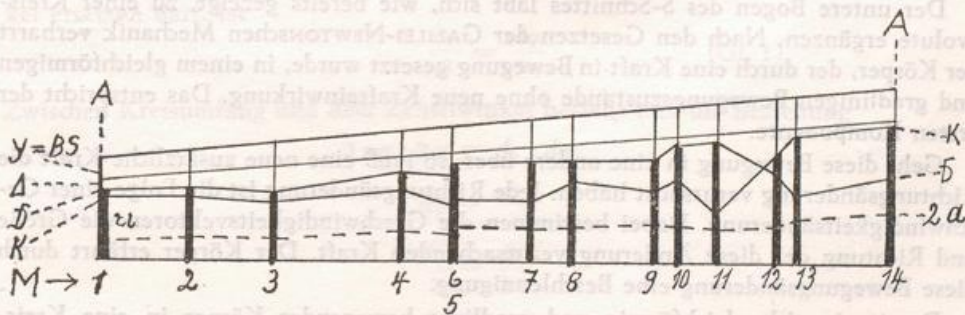


Abbildung 5. Graphische Darstellung der Formel

$$2a = \frac{2n - (\Delta + BS)}{\pi}$$

$$\text{Abszissen} = \frac{2n_K - 2n_{K-1}}{4}$$

$$\text{Ordinaten} = \frac{2n_K}{4}$$

Der Käfer vollführt seine Handlungen instinktiv; er befolgt automatisch die Impulse, die ihm von seinem ererbten Instinktzentrum erteilt werden. Dort liegt der Plan für seine Handlungsweise vorgebildet. Der Käfer kann garnicht anders handeln. Erlernetes ist nichts dabei, denn von wem sollte er auch etwas lernen? Seine Eltern-generation hat er nie gekannt und von anderen Käfern gleicher Art konnte er auch nichts lernen, denn diese sind in derselben Lage wie er.

Die Genetiker lehren, daß die Steuerung der Lebensäußerungen von der in der Keimzelle enthaltenen Erbmasse ausgeht. Das Geheimnis um die eigenartige und mathematisch gesetzmäßige Handlungsweise des Käfers liegt also in seinen Genen.

Wenn im Frühjahr die Sonneneinstrahlung stärker wird, die Temperatur zunimmt, dann wird durch diese exogenen Reize der Fortpflanzungsinstinkt aktiviert. Auch innere Faktoren spielen hier mit, so das Ansteigen des Hormonspiegels, insbesondere der Sexualhormone. Die endogenen Reize heben die Einstimmung und Handlungsbereitschaft. Nach der Copula löst der spezifische Duft der jungen Betulaceenblätter beim weiblichen Käfer die Suchaktion nach geeigneten Blättern für das Wickeln der Trichter aus. Damit ist der Brutfürsorgeinstinkt in Tätigkeit getreten. Das gewählte Blatt wird durch Tarsen und Mundtaster auf der Blattunterseite nach Schadstellen untersucht. Dabei orientiert sich der Käfer durch Tastreize in groben Umrissen über die Größe des Blattes; ein regelrechtes Ausmessen kommt aber nicht in Betracht. Ist das Blatt unbeschädigt, beginnt der Käfer sofort mit dem Anschnitt.

Diese Handlungen und alle folgenden werden nur durch Tastreize ausgelöst und durch Impulse des Zentralnervensystems über das Instinktzentrum gesteuert.

Die Bogenschnitte sind im ganzen als eine gerichtete Bewegungsweise aufzufassen, die sich aus zwei Komponenten zusammensetzt. Die erste ist starre Bewegungskoordination, die einmal ausgelöst, von selbst weiterläuft und tangential ausgerichtet ist. Sie bedarf keiner neuen exogenen Reize.

Die zweite Komponente ist eine orientierende Bewegung in zentripetaler Richtung. Beide Komponenten wirken gleichzeitig, also simultanverschränkt, so daß sich eine komplizierte bogenförmige Gesamthandlung als Resultierende ergibt.

Es soll hier nur der untere Teil des S-Schnittes näher betrachtet werden, um diese Bewegungsweise des Käfers zu veranschaulichen.

Der untere Bogen des S-Schnittes läßt sich, wie bereits gezeigt, zu einer Kreis-evolute ergänzen. Nach den Gesetzen der GALILEI-NEWTONSchen Mechanik verharrt der Körper, der durch eine Kraft in Bewegung gesetzt wurde, in einem gleichförmigen und gradlinigen Bewegungszustande ohne neue Krafteinwirkung. Das entspricht der ersten Komponente.

Geht diese Bewegung in eine andere über, so muß eine neue zusätzliche Kraft die Richtungsänderung verursacht haben. Jede Richtungsänderung ist die Folge einer Geschwindigkeitsänderung. Dabei bestimmen die Geschwindigkeitsvektoren die Größe und Richtung der diese Änderung verursachenden Kraft. Der Körper erfährt durch diese Bewegungsänderung eine Beschleunigung.

Damit ein sich gleichförmig und gradlinig bewegender Körper in eine Kreisbewegung übergeht, muß eine Kraft auf ihn einwirken, die ihn nach dem Kreismittelpunkt ausrichtet und das ist die Zentripetalkraft als zweite Komponente. Die erste Komponente wirkt tangential, die zweite radial zum Kreismittelpunkt.

Wirken beide Komponenten gleichzeitig auf den Körper ein, ergeben die ihnen entsprechenden Kräftevektoren den Kreisbogen als Resultierende.

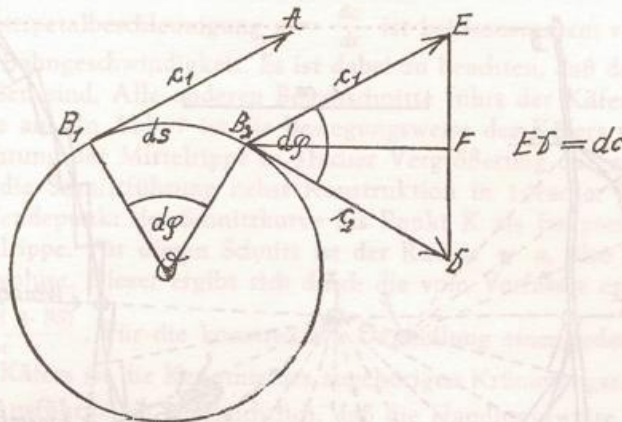


Abbildung 6. Zusammenhänge zwischen Zentrifugalkraft, Tangentialkraft und Kreisradius

Die Zentripetalkraft steht in einem bestimmten Verhältnis zur Tangentialkraft und dem Radius des Kreises, der durch ihr gleichzeitiges Zusammenwirken entsteht. Abb. 6 zeigt diese Zusammenhänge.

In zwei benachbarten Punkten B_1 und B_2 einer Kreisbahn, deren Radien den winzig gedachten Zentriwinkel φ einschließen, sind die gleichförmigen Geschwindigkeiten durch Pfeile eingezeichnet, die der absoluten Größe nach gleich sind. Um die Geschwindigkeitsänderung zu erhalten, die auf dem Wege von B_1 nach B_2 erfolgt ist, wird in B_2 die Geschwindigkeit c in ihrer ersten Richtung nochmals gezeichnet, so daß $B_2 E \neq B_1 A$ ist. Das Vektordreieck $B_2 ED$ wird durch die Komponente $DE = dc$ vervollständigt.

Aus dem halben Vektordreieck $B_2 EF$ ergibt sich dann:

$\frac{dc}{2} = c \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$. Weil man für sehr kleine Winkel die Sinusfunktion durch den Winkel ersetzen darf, ist

$$\frac{dc}{2} = \frac{cd\varphi}{2} \quad (\text{Gl. 1}).$$

Zwischen Kreisumfang und dem Zentriwinkel besteht nun die Beziehung

$$2r\pi : 2\pi = ds : d\varphi$$

$$d\varphi = \frac{ds}{r}$$

$$\frac{d\varphi}{2} = \frac{ds}{2r}$$

In Gl. 1 eingesetzt

$$\frac{dc}{2} = \frac{c \cdot ds}{2r}$$

$$\text{und} \quad dc = \frac{c \cdot ds}{r} \quad (\text{Gl. 2}).$$

Die Beschleunigung wird ausgedrückt durch den Differentialquotienten $\frac{dc}{dt}$

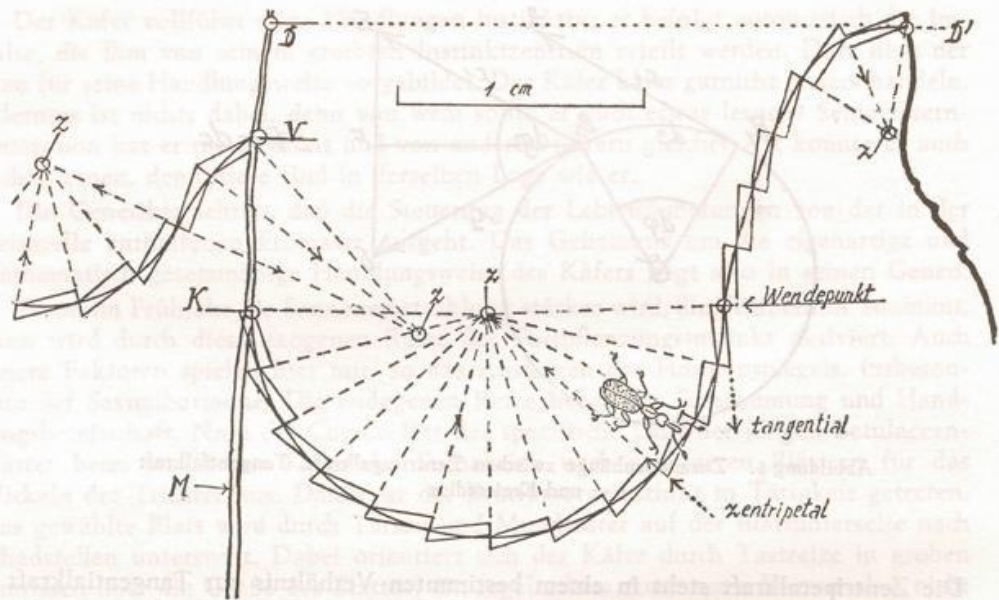


Abbildung 7. Abschnitt von Trichterblatt 9 mit den Bogenschnitten des *Deporaus betulae*

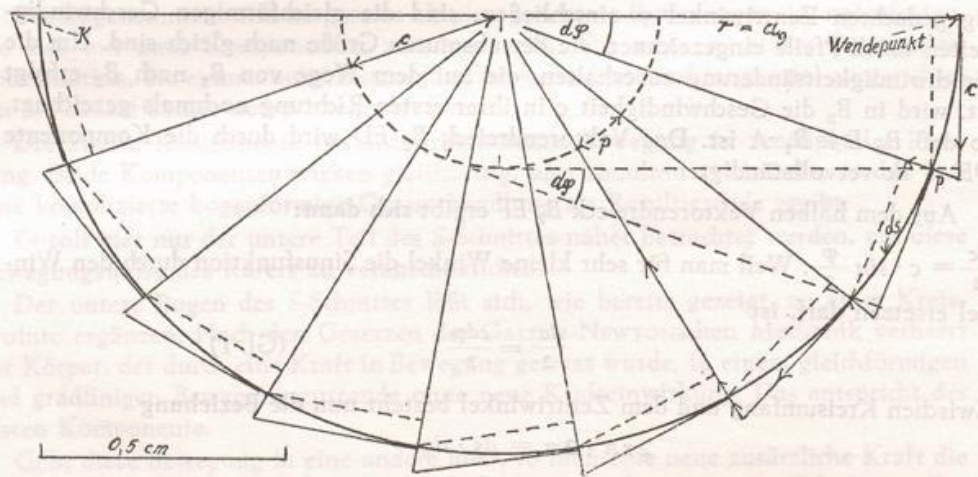


Abbildung 8. Konstruktive Darstellung der Entstehung der Bogenschnitte des *Deporaus betulae* durch simultanverschränkte Bewegungsweise am unteren Bogen des S-Schnittes.

Wird die Gleichung $dc = \frac{c \cdot ds}{r}$ nach t differenziert, also

$$\frac{dc}{dt} = \frac{c}{r} \cdot \frac{ds}{dt} \quad \text{oder da } \frac{ds}{dt} = c \text{ ist}$$

$$\frac{dc}{dt} = \frac{c^2}{r}$$

d. h. die Zentripetalbeschleunigung $p = \frac{dc}{dt}$ ist bei konstantem r proportional dem Quadrat der Bahngeschwindigkeit. Es ist dabei zu beachten, daß der Winkel φ und t winzige Größen sind. Alle anderen Bogenschnitte führt der Käfer in derselben Bewegungsweise aus. In Abb. 7 ist die Bewegungsweise des Käfers vom Schnittbeginn bis zur Berührung der Mittelrippe in 5facher Vergrößerung dargestellt. Abb. 8 veranschaulicht die Schnittführung nebst Konstruktion in 10facher Vergrößerung und zwar vom Wendepunkt der Schnittkurve bis Punkt K als Endpunkt des S-Schnittes an der Mittelrippe. Für diesen Schnitt ist der Radius = a , also gleich dem Halbmesser der Evolute. Dieser ergibt sich durch die vom Verfasser entwickelte Formel:

$2a = \frac{2\pi - (\Delta + BS)}{\pi}$. Für die konstruktive Darstellung eines jeden anderen Bogenschnittes des Käfers ist die Kenntnis des zugehörigen Krümmungsradius erforderlich.

Aus den Ausführungen ist ersichtlich, daß die Handlungsweise des Käfers genau den ihm ebenfalls genau dosierten Impulsen entspricht. Wo Abweichungen auftreten, liegt eine Störung der Impulsführung vor.

LITERATURVERZEICHNIS

- Rosskothien, P.: Die Brutfürsorge des Trichterwicklers *Deporaus betulae* und seiner Verwandten. Decheniana, 116, Seite 58 u. 67 (1963).
 Horion, A.: Käferkunde für Naturfreunde. Frankfurt/Main 1949.
 Natzmer, G. v.: Lebensgeheimnisse der Natur. Berlin 1952.
 Lengerken, H. v.: Die Brutfürsorge und Brutfürsorgeinstinkte der Käfer. 2. Auflage. Leipzig 1954.
 Weber, H.: Grundriß der Insektenkunde. 3. Auflage. Stuttgart 1954.
 Jordan, P.: Die Physik und das Geheimnis des organischen Lebens. Braunschweig 1947.

Anschrift des Verfassers: Felix Painta, 465 Gelsenkirchen, Bulmkerstraße 15.

die ... Beobachtung $\alpha = \frac{d\theta}{dt}$ ist bei konstantem r proportional dem
 Quadrat der Bahngeschwindigkeit. Es ist dabei zu beachten, daß der Winkel φ und t
 wieder übereinstimmen. Alle anderen Beobachtungen lauten für Kugeln in derselben Be-
 wegungsweise aus. In Abb. 7 ist die Bewegungsweise der Kugeln vom Scheitelpunkt
 bis zur Berührung der Mittellinie in starrer Verbindung dargestellt. Abb. 8 ver-
 anschaulicht die Scheitelführung nach Konstruktion in folgender Verbindung und
 zwar vom Wendepunkt der Schmelzkurve bis Punkt K als Tangente des Scheitels
 an der Mittellinie. Für diesen Schnitt ist der Radius $r = a$ also gleich dem Halb-
 messer der Kugel. Dieser ergibt sich durch die vom Verfasser entwickelte Formel:

$$r = \frac{2a - (a + 2b)}{2}$$
 für die konstruktive Darstellung eines jeden anderen Bogen-
 schmelzes der Kugeln ist die Kenntnis der entsprechenden Krümmungsradien erforderlich.
 Aus den Ausführungen ist ersichtlich, daß die Handlungweise der Kugeln genau
 den ihm ebenfalls genau gleichen Impulsen entspricht. Wo Abweichungen auftreten,
 liegt eine Störung der Impulshandlung vor.



Abbildung 1. Konstruktive Darstellung der Entstehung der Bahnkurve der ...

Wird die Gleichung $\alpha = \frac{d\theta}{dt}$ nach t differenziert, also
 $\frac{d\alpha}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$ oder $\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{d^3\theta}{dt^3}$ ist

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Decheniana](#)

Jahr/Year: 1968

Band/Volume: [120](#)

Autor(en)/Author(s): Painta Felix

Artikel/Article: [Beitrag zur Brutfürsorge des Trichterwicklers Deporaus betulae 299-311](#)