

Variationsstatistische Untersuchungen von *Brachyspirifer ignoratus* (MAURER, 1883) und *Brachyspirifer carinatus* (SCHNUR, 1853) aus dem Rheinischen Schiefergebirge

JURGEN GAD

Kurzfassung: Eine variationsstatistische Bearbeitung zahlreicher Neufunde einer Brachiopodenart, die *Brachyspirifer ignoratus* (MAURER, 1883) nahesteht, wird vorgestellt. Sie stammen vom Kühkopf bei Koblenz (TK25 Blatt 5711 Boppard, R 339697 H 557453). Um die bei unterdevonischen Brachiopoden aus dem Rheinischen Schiefergebirge meist vorkommenden Probleme der tektonischen Verdrückung auszuschalten, wird eine einfach zu handhabende Methode neu ausgearbeitet. Zu Vergleichszwecken sind die Funde von *B. ignoratus* und die Unterarten von *B. carinatus* (*B. carinatus carinatus*, *B. carinatus rhenanus*, *B. carinatus latissimus* und *B. carinatus angustidentalis*) von den jeweiligen Typlokalitäten ebenfalls in die Untersuchungen einbezogen. Die Besonderheit der Population vom Kühkopf ist ihre, im Vergleich zu ähnlichen Brachiopoden, große Variabilität. Die Neufunde weichen in einigen Merkmalen statistisch signifikant von denen der Typlokalität ab. Mögliche Gründe dafür werden diskutiert.

Abstract: New fossils which are similar to *Brachyspirifer ignoratus* (MAURER, 1883) from Kühkopf near Koblenz (Rhenish Mountains, Lower Devonian) were described with the aid of biometrical methods. A simple, easy to apply method is proposed to avoid the problems caused by tectonical deformations of the brachiopods. To compare the new fossils with the similar *B. ignoratus* and *B. carinatus* of the respective type locality, they are also examined and described in detail. The great variability of the new population and the low variability of other brachiopods of the same region is pointed out. There are statistical significant differences compared with the fossils of the type locality. Possible reasons are discussed.

1. Einleitung

Ziel dieser Arbeit ist die Beschreibung umfangreicher Neufunde einer Brachiopodenart vom Kühkopf bei Koblenz (TK25 Blatt 5711 Boppard, R 339697 H 557453). Sie werden vorläufig zu *Brachyspirifer ignoratus* (MAURER, 1883) gestellt. Die Fundstelle wurde bereits von DAHMER (1948) ausgebeutet und beschrieben. Der PALAONTOLOGISCHE ARBEITSKREIS KOBLENZ (1992) konnte in den Jahren 1974 bis 1977 zahlreiche neue Fundstücke bergen. Die Zusammenführung beider Sammlungen führte zu einer beachtlichen Anzahl von Individuen dieser Art. Hierdurch ergibt sich eine beispielhafte Möglichkeit zum Studium der intraspezifischen Variabilität dieser Art. Die hier beobachtete große Variabilität ist für die Interpretation von anderen Arten aus dem Schiefergebirge nicht nur für *Brachyspirifer* von Bedeutung, da diese Arten oft nur auf wenigen Fundstücken beruhen. Zu Vergleichszwecken wurden noch die Exemplare von den jeweiligen Typlokalitäten von *Brachyspirifer ignoratus* sowie den Unterarten von *Brachyspirifer carinatus* nachuntersucht. Um die jeweiligen Merkmale möglichst objektiv vergleichen zu können, wird eine

in ihrer theoretischen Bedeutung neu ausgearbeitete Methode vorgeschlagen. Diese Methode ist einfach anzuwenden und schaltet die Veränderung der Merkmale durch tektonische Verdrückung aus.

Für die Bereitstellung von Sammlungsmaterial bin ich dem Paläontologischen Arbeitskreis Koblenz; Herrn Prof. Dr. RISTEDT, Paläontologisches Institut der Universität Bonn; Herrn Dr. WERNER, Forschungsinstitut Senckenberg; Herrn Dr. JAHNKE, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Göttingen und Herrn Dr. KAUFMANN, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Marburg, zu Dank verpflichtet.

2. Material und Methoden

Folgende Fossilien wurden vom jeweiligen Locus typicus für die Untersuchungen verwendet:

Brachyspirifer carinatus carinatus (SCHNUR, 1853); Daleiden/Eifel; Sammlung Senckenberg.
Brachyspirifer carinatus rhenanus (SOLLE, 1971); Miellen an der Lahn; Sammlung Senckenberg.

Brachyspirifer carinatus latissimus (SCUPIN, 1900); „Rhens“; Sammlung Paläontologisches Institut, Univ. Bonn.

Brachyspirifer carinatus angustidentalis (WOLBURG, 1933); Höhe westlich Harbecke, TK 25 Blatt 4815 Schmallenberg/Sauerland; Sammlung Geologisch-Paläontologisches Institut, Univ. Göttingen.

Brachyspirifer ignoratus (MAURER, 1883); Miellen an der Lahn; Sammlung Senckenberg.

Brachyspirifer ignoratus (MAURER, 1853); Kühkopf bei Koblenz.

Die jeweiligen Meßstrecken sind der Arbeit von SOLLE (1953, Abb. 1) zu entnehmen. Folgende Abkürzungen werden benutzt:

L	= Länge der Stielklappe	HA	= Höhe der Area
B	= Breite der Stielklappe	Lm	= Länge des Muskelzapfens
Lzst	= Länge der Zahnstützen	Bm	= Breite des Muskelzapfens
Bs	= Breite des Sinus	BSa	= Breite des Sattels
Br3	= Breite der ersten drei Rippen	H	= Höhe der Stiel- oder Armklappe.

Die Länge der Zahnstützen ist als senkrechte Entfernung vom Schloßrand gemessen.

Um die Resultate möglichst objektiv vergleichen zu können, werden statistische Tests verwandt. Die Ergebnisse sind als Mittelwerte in Tab. 2 und 3 wiedergegeben. In Tab. 4 wurden die Mittelwerte mit Hilfe des T-Tests auf ihre Signifikanz geprüft. Die meristischen Werte sind mit Hilfe des Chi-Quadrattests ausgewertet.

Zur mathematischen Beschreibung der Rippen- und des Sinusprofils können folgende Meßwerte benutzt werden. Sie lehnen sich an den sogenannten Rippelindex zur Beschreibung verschiedener Rippelformen an. Die Rippenlänge (L) verbindet die jeweiligen Endpunkte (an ihrem tiefsten Punkt), von ihr geht im rechten Winkel die zweite Gerade aus (H), die die maximale Entfernung zum Rippenprofil mißt. Die Berechnung wird in Prozent angegeben, wobei die Länge = 100% ist. Wenn die Höhe = 0 ist, ist die prozentuale Angabe = 0%. Sind die beiden Meßstrecken gleich lang, ergibt sich 100%, darüber steigt der prozentuale Anteil der Meßstrecke H kontinuierlich an, bis die Länge = 0 ist. In der Praxis werden aber solche Extreme nie erreicht. Ein niedriger Wert unter 100% beschreibt also flache weite Profile, ein Wert über 100% sehr hohe schmale Profile. Da ein prozentualer Wert gewählt wurde, sind die Angaben größenunabhängig. Die Rippen- und Sinusprofile ändern sich natürlich mit der tektonischen Beanspruchung. So werden sie z. B. bei Querdehnung flacher. Es ist daher sinnvoll nur unverdrückte bzw. nur gleich ver-

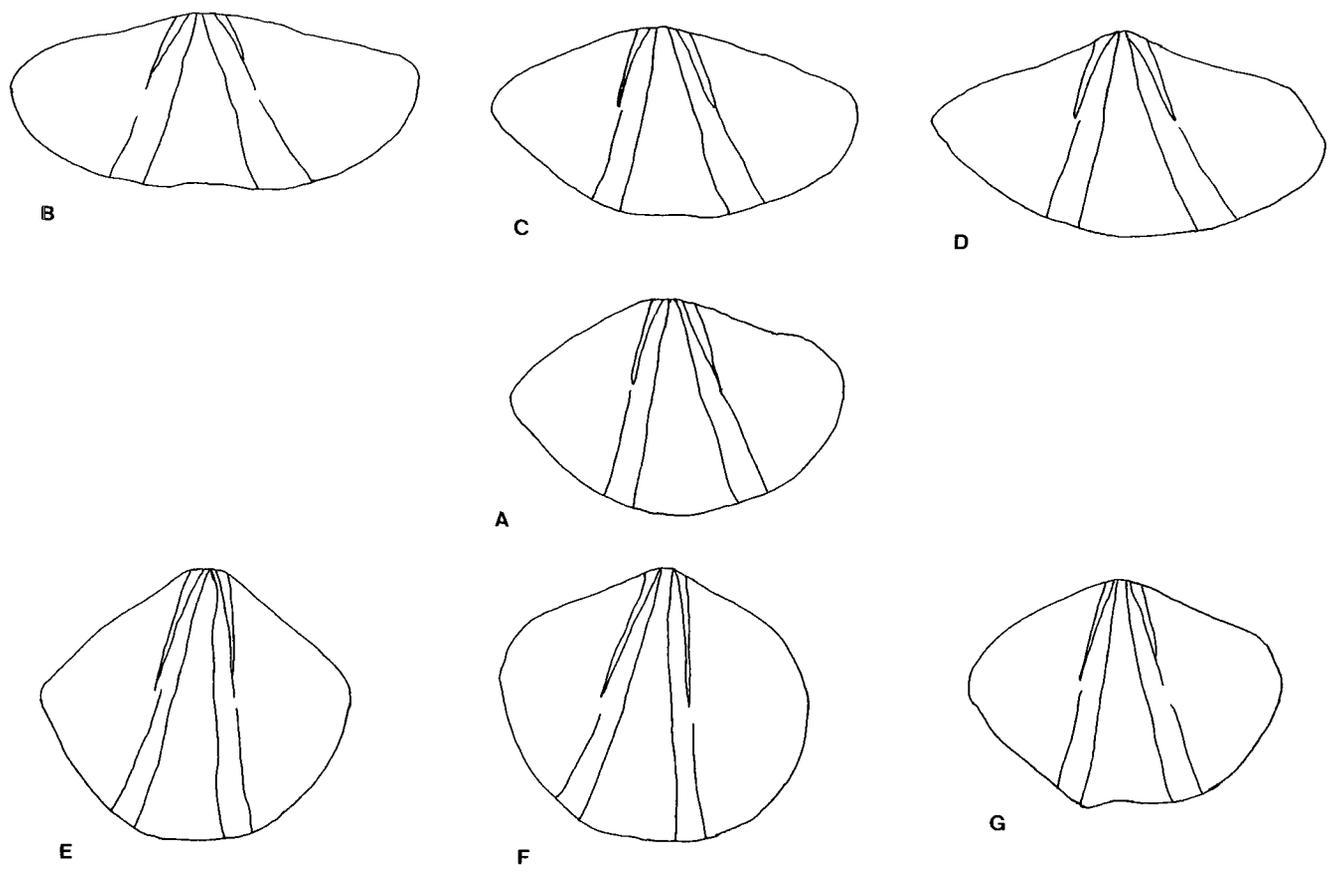


Abb. 1: Ergebnisse der künstlichen Zerrversuche. A = unverzerrtes Exemplar SMF 25313, B-D querverlängert, E-G längsverlängert.

Tab. 1: Ergebnisse aus der Verdrückungssimulation.

Meßwerte = der jeweilige prozentuale Anteil (Abkürzungen s. S. 200), unverdrückt = unverdrückte Meßwerte, Br. = tektonische Breitform, L. = tektonische Langform. Das Maß der wahren Verdrückung gibt das prozentuale B/L-Verhältnis an. Die anderen Meßwerte verhalten sich gegenüber der Verdrückung als weitgehend invariant.

Meßwerte	unverdrückt	Br. 1	Br. 2	Br. 3	L. 1	L. 2	L. 3
B/L	64,7	53,3	51,6	42,2	91,9	88,8	73,7
L/Lzst	45	45,6	45,6	46,7	46,4	48,4	44,8
B/Bm	25,8	25,9	26,4	26,7	26,4	27,6	26,5
B/Br2	48,2	48,7	47,2	49	48,3	49	46,7
B/Bs	30,9	29,6	29,5	28,1	30,2	31,5	29,3

drückte Profile miteinander zu vergleichen. Diese Möglichkeit wird in der Praxis meist durch mangelndes Material vereitelt.

Die Resultate aus den durchgeführten Zerrversuchen sind mit Hilfe eines Zeichenspiegels abgebildet und wurden danach vermessen (Tab. 1 u. Abb. 1).

3. Eine neue praktikable Methode zur biometrischen Bearbeitung von tektonisch verdrückten Brachiopoden

Eine grundlegende Arbeit über die tektonische Deformation im rheinischen Devon stammt von BREDDIN (1954). Hier wurden wesentliche Daten zur Erfassung und Berechnung der tektonischen Deformation zusammengetragen, auf denen die hier angestellten Überlegungen basieren. Auch wurden verschiedene Methoden zur Entzerrung der Fossilien vorgeschlagen. Sie sollen hier nicht im einzelnen diskutiert werden, da sie sich nur auf die Rekonstruktion der ursprünglich kurzen und breiten Achse (Länge und Breite) beziehen. Gerade der äußere Umriß kann aber, wie man aus Beobachtungen von rezenten Brachiopoden weiß (GAD 1994, in diesem Band), je nach Lebensraum innerhalb einer Art stark variieren. Für die paläontologische Bearbeitung sind aber die internen Meßwerte, die SOLLE (1953, Abb. 1, z. B. Länge und Breite des Muskelzapfens) angibt, von Bedeutung. SOLLE (1953) benutzt verschiedene Verhältniszahlen, die er gegen die Länge als Größenmaßstab aufträgt. Dabei wurde aber z. T. nicht berücksichtigt, daß sich das jeweilige Verhältnis alleine durch tektonische Verdrückung stark ändert, d. h. die Diagramme sind weitgehend wertlos, worauf auch JAHNKE (1971, S. 21) hinweist. In seiner Arbeit über *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* (SOLLE 1971) geht er teilweise dazu über, die Meßwerte in Relation zur Gesamtbreite bzw. Gesamtlänge zu stellen, allerdings fehlt eine Angabe, ob er hierzu auch schräg verformte Fossilien benutzt hatte. Dies ist aber für die sinnvolle Anwendung dieser Methode von entscheidender Wichtigkeit. Die Ausarbeitung der Gründe für die Benutzung dieser Relationsbeziehung fehlt. Eine Kombination der von BREDDIN (1954) vorgeschlagenen Entzerrungsmethoden und der dadurch möglichen Rückrechnung der internen Merkmale wird von MITTMAYER (1962) vorgeschlagen. Ihr Nachteil ist der relativ hohe Aufwand für die Messung der verschiedenen Winkel (MITTMAYER 1962, S. 14), die zum Teil bei Museumsstücken nicht mehr feststellbar sind.

Die hier vorgeschlagene Methode geht von der Überlegung aus, daß sich bei einer winkelrechten Verformung (BREDDIN 1954, Abb. 21), d. h. bei einer Zerrung des Fossils, welches mit seiner kurzen oder langen Achse parallel oder senkrecht zur Streckungsrich-

tung lag, die internen Merkmale im gleichen Maße wie die entsprechenden Achsen mitverformen. Wird ein unverformtes Fossil in Richtung seiner breiten Achse winkelrecht gestreckt, bleibt das Verhältnis der Breite der Schale und der Breite des Muskelzapfens auch nach der Streckung gleich. Wird das selbe Fossil in seiner Längsrichtung gestreckt, ist das Verhältnis der Länge der Schale zur Länge des Muskelzapfens ebenfalls unverändert. Um diese Hypothese zu untermauern, ist eine Reihe von Zerrungsversuchen mit einer plastischen Abformmasse durchgeführt worden (Tab. 1 u. Abb. 1). Die geringen Abweichungen vom unverdrückten Fossil (= vom theoretischen Wert) sind auf Inhomogenitäten in der Abdruckmasse und auf die unterschiedlichen Zugkräfte links und rechts von der Medianlinie des Fossils zurückzuführen. In Tab. 1 sind die verschiedenen Meßstrecken wegen der besseren Anschaulichkeit lediglich prozentual angegeben. Man erkennt, von dem unverdrückten Fossil ausgehend, daß sich die vorgeschlagenen Meßwerte gegenüber der Verdrückung als weitgehend invariant erweisen. Als Maß für die stattgefundene Verdrückung ist das prozentuale Verhältnis von Breite zu Länge angegeben. Die Ergebnisse entsprechen der optischen Verzerrung von BREDDIN (1954, Taf. 3, Abb. 1, 2, 5, 8 und 4, 7, 10). Die beiden künstlichen Zerrungsversuche entsprechen natürlich nicht dem realen Vorgang, zeigen aber eine einfache praktikable Möglichkeit, die Auswirkungen der Deformation auf die Fossilien zu simulieren und damit zu erkennen. Der große Vorteil der in Tab. 1 angegebenen Meßwerte ist ihre einfache Berechnung. Der einzige Nachteil ist, daß schräg verformte Fossilien nicht berücksichtigt werden können. Folgende allgemeine Bedingungen für die internen Merkmale lassen sich aufgrund der Zerrungsexperimente erkennen:

A) Eine unverzerrte Form wandelt sich in eine tektonische Breitform:

- Länge nimmt ab, Breite nimmt zu.
- Zahnstützen nehmen geringfügig in der Länge ab und gleichzeitig in der Dicke zu.
- Breite zwischen den Zahnstützen (= Breite des Muskelzapfens) nimmt zu, der Winkel zur Symmetrieebene wird größer.
- Breite zwischen den zweiten Rippen (links und rechts der Symmetrieebene) nimmt zu, der Winkel zur Symmetrieebene wird größer.
- Breite des Sinus nimmt zu, der Winkel zur Symmetrieebene nimmt ebenfalls zu.
- Winkel des Schloßrandes nimmt zu.

B) Eine unverzerrte Form wandelt sich in eine tektonische Langform:

- Länge nimmt zu, Breite nimmt ab.
- Zahnstützen nehmen in der Länge zu und gleichzeitig in der Dicke ab.
- Breite zwischen den Zahnstützen nimmt ab, der Winkel zur Symmetrieebene wird kleiner.
- Breite zwischen den zweiten Rippen nimmt ab, der Winkel zur Symmetrieebene wird kleiner.
- Breite des Sinus nimmt ab, der Winkel zur Symmetrieebene wird kleiner.
- Winkel des Schloßrandes wird kleiner.

4. Systematik

Gattung: *Brachyspirifer* WEDEKIND, 1926.

Typusart: *Brachyspirifer carinatus* (SCHNUR, 1853).

Bemerkungen zur Gattung: Ohne die vollständige Erforschungsgeschichte wiederzugeben, sollen hier doch kurz wesentliche neuere Konzepte zur Gattungsdiagnose aufgeführt werden. Die Gattung wurde ohne nähere Präzisierung von WEDEKIND (1926) auf-

gestellt. Eine zusammenfassende Darstellung der Gattung mit Abgrenzung gegen *Paraspirifer* gab VANDERCAMMEN (1963, 56 f.). Er weist besonders auf das Vorhandensein der dorsalen apikalen Lamellen und einen wenig oder gar nicht herausgehobenen Muskelzapfen hin. SOLLE (1971, S. 20-22) stellt ebenfalls den gegenüber *Paraspirifer* wenig herausgehobenen Muskelzapfen heraus, muß dieses Merkmal u. a. wegen des relativ stark herausgehobenen Muskelzapfens von *Brachyspirifer ignoratus* wieder relativieren, so daß er Zweifel bestehen läßt, ob sich beide Gattungen überhaupt sinnvoll trennen lassen. Sein Hauptargument für die Abtrennung ist die große von ihm festgestellte Artenzahl, die schlecht in einer Gattung vereinigt werden kann. GODEFROID (1980) stellt noch drei weitere neue Arten in diese Gattung sowie *B. crassicosta* (SCUPIN, 1900). Im Vergleich zur Typusart *B. carinatus* stellt er mehrere Unterschiede fest (GODEFROID 1980, 26 f.: Rippen, Sinus, Muskelzapfen, Zahnstützen, dorsale apikale Lamellen). Er bezweifelt aber trotz dieser beobachteten Unterschiede die Rechtfertigung einer neuen Unterart. GOURVENNEC (1989) stellt noch insgesamt vier neue Arten auf, geht aber einen Schritt weiter und errichtet eine neue Untergattung von *Brachyspirifer* (*Torosospirifer*) mit der Typusart *Brachyspirifer* (*Torosospirifer*) *rousseaui* (ROAULT, 1846). Bei der Untergattung *Brachyspirifer* bemerkt er auch innerhalb einer Art eine große Variabilität der Merkmale. Die neue Untergattung unterscheidet sich durch die Heraushebung des Muskelzapfens und durch kräftige Gonoglyphen von *B.* (*Brachyspirifer*). Von *Paraspirifer*, der ebenfalls einen herausgehobenen Muskelzapfen zeigt, unterscheidet sich die neue Untergattung durch den kleineren Umriss, den schwächeren Wulst und die abweichende Mikroskulptur. Die Untergattung *Brachyspirifer* (*Brachyspirifer*) stellt sich heute insbesondere durch die Aufstellung von zahlreichen neuen Arten als eine Ansammlung von sich nur schwer oder gar nicht zu unterscheidenden Arten dar. Neuere Untersuchungen an rezenten Brachiopoden (Zusammenfassung in GAD 1994, in diesem Band) lassen eine zum Teil sehr große innerartliche Variabilität erkennen, so daß es nicht sinnvoll erscheint die Arten nur aufgrund geringfügiger Unterschiede abzutrennen. Zusätzlich sind ergänzende Untersuchungen des Einflusses verschiedener Lebensräume der Brachiopoden auf die Ausbildung ihrer Merkmale, nicht nur bei *Brachyspirifer*, nötig. Die Fragestellung muß lauten: Sind Unterschiede im Vorhandensein oder in der Ausbildung, z. B. der Rippen, bei einer Art in einem sandigen oder tonigen Biotop feststellbar? Erst nach Klärung dieser Frage kann eine sinnvolle Neubewertung der Artabgrenzungen erfolgen. Eine Abklärung kann nur an möglichst umfangreichem Material vorgenommen werden. Ein erster Schritt in diese Richtung soll hier durch die sehr individuenreiche Fundstelle vom Kühkopf bei Koblenz stattfinden. Das Schwergewicht liegt also auf der Dokumentation der innerartlichen Variabilität.

Die Ergebnisse sind in Tab. 2 und 3 dargestellt. Zur Berechnung wurden bei den Stielklappen nur symmetrische Formen verwandt, schrägverdrückte sind nicht berücksichtigt. Zunächst sollen die signifikanten Unterschiede zwischen *Brachyspirifer carinatus carinatus*, *Brachyspirifer carinatus rhenanus* und *Brachyspirifer ignoratus* von den jeweiligen Typlokalitäten besprochen werden (Abb. 2, 3, 4).

Unterschiede zwischen *Brachyspirifer carinatus carinatus* und *Brachyspirifer carinatus rhenanus*:

- Länge des Muskelzapfens im Vergleich zur Gesamtlänge: Auffallend ist, daß fast alle Muskelzapfen von *B. carinatus carinatus* nach vorne nicht abgesetzt sind, so daß ihre Länge, außer bei zwei Exemplaren, nicht näher zu prüfen war. Daraus ergab sich aber kein signifikanter Unterschied. Wahrscheinlich liegt aber, wenn mehr Exemplare zur Verfügung stünden, doch ein signifikanter Unterschied vor. Festzuhalten bleibt als Unterscheidungskriterium die weitgehend fehlende Absetzung des Muskelzapfens nach vorne bei *Brachyspirifer c. carinatus*.

Tab. 2: Statistische Kennwerte der Stielklappen. L = Länge, B = Breite, L/Lm = der prozentuale Anteil der Länge des Muskelzapfens im Verhältnis zur Gesamtlänge, B/Bm = prozentualer Anteil der Breite des Muskelzapfens, Lzst = Länge der Zahnstützen, BS = Breite des Sinus, Br3 = Breite der ersten drei Rippen, H = Höhe der Stielklappe, Ha = Höhe der Area, N Rippen = arithmetisches Mittel der Anzahl der Rippen, Max. Rippen = Maximum der Rippen, Min. Rippen = Minimum der Rippen, Striemung = Striemung auf dem Muskelzapfen, r. = radiale Striemung, p. = parallele Striemung, m. r. = meist radiale Striemung, konv. = konvergenter Schloßrand, ger. = gerader Schloßrand.

Art	L/Lm	B/Bm	L/Lzst	B/Bs	B/Br3	L/H	L/Ha	Rippen- index	Sinus- index	N Rippen	Max. Rippen	Min. Rippen	Strie- mung	Schloß- rand
<i>Brachyspirifer ignoratus</i>	60,8	30,1	40,9	39,5	11,5	~38,9	23,07	32,5	46,7	14	16	11	m. r.	m. konv.
<i>B. carinatus carinatus</i>	49,3	23,8	35	35,4	10,7	51,8	24,6	45,3	49,8	14,5	17	11	p. u. r.	m. ger.
<i>B. carinatus rhenanus</i>	57,4	24,4	39,1	24,5	10,9	40,1	18,8	34,4	33,2	14,4	19	11	nur p.	ger.
<i>B. carinatus latissimus</i>	79,5	25	71,1	30,3	7,1	-	~22,7	-	-	-	~14	-	-	ger.
<i>B. carinatus angustidentalis</i>	35	13,2	27	-	-	-	-	-	-	-	17	-	-	ger.
<i>B. ignoratus</i> (Kühkopf)	57	25,5	42,8	34,8	9,5	38,6	23,8	30,5	41,1	~13,5	~18	~10	p. u. r.	konv. u. ger.

Tab. 3: Armklappen der untersuchten Arten von der jeweiligen Typlokalität und von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kùhkopf. % B/Bsa = prozentuale Breite des Wulstes im Vergleich mit der Gesamtbreite. Anzahl Rippen = arithmetisches Mittel.

Art	% B/Bsa	Rippen Anzahl	Rippen Maximum	Rippen Minimum
<i>Brachyspirifer ignoratus</i>	51,8	16,1	18	15
<i>B. carinatus carinatus</i>	37,9	13,3	18	11
<i>B. carinatus rhenanus</i>	59,5	13,2	16	9
<i>B. ignoratus</i> (Kùhkopf)	37,4	~12,6	~16	~10



Abb. 2: Positivabdruck der Schloßregion eines doppelklappigen Exemplares von *Brachyspirifer carinatus carinatus* aus Daleiden (Slg. Paläont. Inst. Univ. Bonn). Die dorsalen apikalen Lamellen sind nur schwach angedeutet.

- Breite des Sinus zur Gesamtbreite: Der Sinus von *B. c. rhenanus* ist ausgesprochen schmal.
- Höhe der Stielklappe zur Gesamthöhe: Die Stielklappe von *B. c. carinatus* ist stärker gewölbt. Bei der Armklappe mußten aufgrund des spärlich überlieferten Materials auch schräg verformte Exemplare berücksichtigt werden, so daß die Ergebnisse nicht die gleiche Genauigkeit besitzen wie bei der Stielklappe.
- Die Breite des Wulstes ist bei *B. c. carinatus* gering.
- Bei den meristischen Merkmalen ergibt sich bei der Zahl der Rippen kein augenfälliger Unterschied, außer daß *B. c. rhenanus* eine geringfügig höhere Anzahl zeigt.
- Der Verlauf der Zahnstützen zu der Lage der Rippen ist sehr variabel. Bei *B. c. rhenanus* ist das Maximum nach außen verschoben, lediglich der Unterschied im Verlauf der



Abb. 3: Positivabdruck eines doppelklappigen Exemplares von *Brachyspirifer carinatus rhenanus* aus Miellen (Slg. Senckenberg SMF 25304). Die dorsalen apikalen Lamellen sind etwas kräftiger als bei der Nominatform ausgebildet.

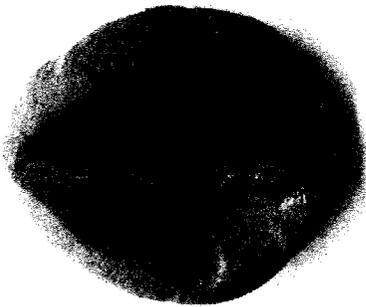


Abb. 4: Positivabdruck einer Armklappe von *Brachyspirifer ignoratus* von Miellen (Slg. Paläont. Inst. Univ. Bonn). Die dorsalen apikalen Lamellen sind relativ kräftig ausgebildet und zeigen auf beiden Seiten eine Kerbe.

Tab. 4: Ergebnisse des T-Test.

1. Wert = T-Wert, 2. Wert = V-Wert, 3. Wert = Signifikanz. Die letzte Spalte betrifft *B. ignoratus* von der Typlokalität und vom Kühkopf. Die linke Spalte bezieht sich jeweils auf den prozentualen Anteil der Gesamtlänge oder Gesamtbreite (Abkürzungen s. S. 200).

Meß- werte	<i>B. carinatus rhenanus</i>			<i>B. carinatus rhenanus</i> <i>B. ignoratus</i>			<i>B. carinatus carinatus</i> <i>B. ignoratus</i>			<i>B. ignoratus</i> <i>B. ignoratus</i>		
	L/Lm	1,2;	14;	–	0,96;	24;	–	1,6;	12;	–	1,6;	42;
B/Bm	0,3;	26;	–	2,16;	26;	95%	2,3;	24;	95%	2,9;	52;	99%
L/Lzst	1,3;	28;	–	0,56;	28;	–	2,1;	26;	95%	0,8;	52;	–
B/Bs	8,2;	28;	99%	6,1;	24;	99%	1,7;	22;	–	2,08;	38;	95%
B/Br3	0,3;	26;	–	1,05;	25;	–	1,5;	23;	–	3,8;	34;	99%
L/H	3,0;	26;	99%	0,16;	12;	–	4,0;	22;	99%	0,03;	9;	–
L/Ha	1,7;	20;	–	1,2;	5;	–	0,5;	21;	–	0,3;	20;	–
Sinus	2,88;	13;	95%	1,99;	4;	–	0,3;	11;	–	0,8;	6;	–
Rippen	2,14;	8;	–	0,5;	5;	–	2,0;	7;	–	0,4;	4;	–

zweiten Rippe ist signifikant verschieden (99% Niveau). Insgesamt kann der Verlauf der Zahnstützen als unwesentlich angesehen werden.

- Form der Zahnstützen: Es besteht kein signifikanter Unterschied in der prinzipiellen Verteilung zwischen keil- und parallelförmigen Zahnstützen. Bei der speziellen Form besteht lediglich bei den keilförmig geraden ein signifikanter Unterschied (95% Niveau). Während diese bei *B. c. carinatus* nicht vorkommen, sind sie bei *B. c. rhenanus* zu 29,1% vorhanden.
- Striemung auf Muskelzapfen: Bei *B. c. rhenanus* kommt nur eine Parallelstriemung, bei *B. c. carinatus* existiert noch eine radiale Anordnung.
- Verlauf des Schloßrandes: Ein Charakteristikum der Unterart *B. c. rhenanus* ist ihr gerader Schloßrand, bei *B. c. carinatus* kann er auch konvergent sein. Dieses Merkmal kann aber leicht von der tektonischen Verdrückung beeinflusst werden.
- Rippenschärfe: Die subjektive Einschätzung, daß bei *B. c. carinatus* die Rippenwölbung flach ist täuscht, da fast alle Rippenkämme erosiv gekappt sind und damit flacher erscheinen als sie in Wirklichkeit sind. Der Unterschied ist aber wohl aufgrund der geringen Materialmenge knapp unter dem Signifikanzniveau.
- Sinusform: Sie ist bei *B. c. carinatus* gewölbter als bei *B. c. rhenanus* (99% Niveau)
- Dorsale apikale Lamellen: Bei beiden Unterarten sind sie nur schwach ausgebildet und beschränken sich auf die unmittelbare Nähe des Processus cardinalis.

Unterschiede zwischen *Brachyspirifer ignoratus* und *Brachyspirifer carinatus carinatus*:

- Bei den metrischen Werten sind folgende signifikanten Unterschiede feststellbar. Länge des Muskelzapfens im Vergleich zur Gesamtlänge: Hier ist wieder die fehlende Absetzung bei *B. c. carinatus* für die Fehlanzeige im Signifikanztest verantwortlich. Der Muskelzapfen von *B. ignoratus* ist relativ größer.

Breite des Muskelzapfens im Vergleich zur Gesamtbreite: Bei *B. ignoratus* ist er breiter. Insgesamt ist der Muskelzapfen von *B. ignoratus* kräftiger ausgebildet als der von *B. c. carinatus*.



Abb. 5: Lectotyp von *Brachyspirifer carinatus latissimus* (links; Slg. Paläont. Inst. Univ. Bonn A. V. 5715) und Holotyp von *B. carinatus rhenanus* (rechts; Slg. Paläont. Inst. Univ. Bonn).

- Länge der Zahnstützen im Vergleich zur Gesamtlänge: Sie sind bei *B. ignoratus* länger.
- Höhe der Stielklappe im Vergleich zur Gesamtlänge: Die Stielklappe von *B. c. carinatus* ist wesentlich höher.
- Rippen: Die Rippenzahlen sind weitgehend identisch.
- Verlauf der Zahnstützen: Hier sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar.
- Ausbildung der Zahnstützen: Die prinzipielle Verteilung der keil- und parallelförmigen Zahnstützen ist signifikant verschieden (99 % Niveau). Bei *B. ignoratus* zeigen 74,8 % der Exemplare keilförmige Zahnstützen, gegenüber nur 14,3 % bei *Brachyspirifer c. carinatus*. *B. c. carinatus* hat zu 85,7 % parallele Zahnstützen, *B. ignoratus* nur zu 25,2 %. Auch bei der speziellen Verteilung der Zahnstützen gibt es signifikante Unterschiede (99 % Niveau). Die keilförmig geraden sind bei *B. ignoratus* zu 61,9 % vorherrschend, während die parallelen geraden bei *B. c. carinatus* zu 78,5 % dominieren.
- Verlauf des Schloßrandes: In den meisten Fällen zeigt *B. ignoratus* einen konvergenten, *B. c. carinatus* einen geraden Schloßrand.
- Dorsale apikale Lamellen: Sie sind bei *B. ignoratus* kräftiger ausgebildet als bei den Unterarten von *B. carinatus*, erreichen aber nie die Länge wie z.B. bei *B. validus* (GOURVENNEC 1989, Abb. 94), sondern nur etwa die Hälfte der Länge der Zahngrube.
- Breite des Wulstes im Verhältnis zur Gesamtbreite der Armklappe: *B. c. carinatus* hat einen relativ schmalen Wulst. Aufgrund der geringen Anzahl von z.T. verdrückten Exemplaren unterbleibt eine statistische Auswertung.
- Rippenzahl der Armklappe: Sie ist bei *B. ignoratus* geringfügig höher.

Brachyspirifer ignoratus im Vergleich zu *Brachyspirifer carinatus rhenanus*:

- Da beide Formen die selbe Typlokalität haben, könnte der Verdacht aufkommen, daß es sich bei *B. c. rhenanus* nur um tektonische Zerrformen von *B. ignoratus* handelt

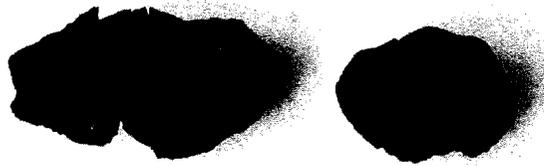


Abb. 6: Stielklappe von *Brachyspirifer carinatus angustidentalis* (links; Slg. Geol. Paläont. Inst. Univ. Göttingen, Nr. 446-3) und Lectotyp von *B. carinatus carinatus* (rechts; Slg. Paläont. Inst. Univ. Bonn A. V. 5714).

(bzw. umgekehrt). Weil *B. c. rhenanus* einen geraden Schloßrand und *B. ignoratus* einen konvergenten Schloßrand besitzt, wäre dann anzunehmen, daß *B. ignoratus* eine tektonische Langform von *B. c. rhenanus* ist. Um diese Frage zu prüfen, sind die Winkel der ersten und dritten Rippe im Vergleich zur Symmetrieebene gemessen worden. Bei der ersten Rippe hat *B. ignoratus* im Durchschnitt 13,6 Grad, *B. c. rhenanus* 9,8 Grad. Bei der dritten Rippe zeigt *B. ignoratus* 22 Grad, *B. c. rhenanus* 17,7 Grad. Wie in Kap. 3 beschrieben wurde, verändert sich der Winkel bei tektonischen Langformen zu kleineren Werten, d. h., es handelt sich hier nicht um Verdrückung, sondern um biologische Unterschiede.

- Breite des Muskelzapfens im Vergleich zur Gesamtbreite: Der Muskelzapfen von *B. ignoratus* ist breiter.
- Breite des Sinus im Vergleich zur Gesamtbreite: *B. c. rhenanus* hat einen wesentlich schmälere Sinus.
- Rippen: *B. c. rhenanus* besitzt mehr Rippen.
- Striemung auf dem Muskelzapfen: Sie ist bei *B. ignoratus* im Gegensatz zu *B. c. rhenanus* meist radial.
- Ausbildung der Zahnstützen: Die prinzipielle Verteilung ist signifikant verschieden (95 % Niveau). *B. ignoratus* hat wesentlich mehr keilförmige Zahnstützen. Bei der speziellen Verteilung zeigt *B. ignoratus* mehr keilförmig gerade (95 % Niveau, 61,9 %), während *B. c. rhenanus* hauptsächlich parallele gerade (99 % Niveau, 58,3 %) hat.
- Rippe der Armklappe: Die Rippenzahl bei *B. ignoratus* liegt höher.

Brachyspirifer carinatus latissimus und *Brachyspirifer carinatus angustidentalis*:

Diese Unterarten bestehen nur aus wenigen Fundstücken (s. SOLLE 1971), deshalb ist es fraglich, ob ihre Abtrennung als eigene Unterart sinnvoll ist. Es könnte sich ebensogut

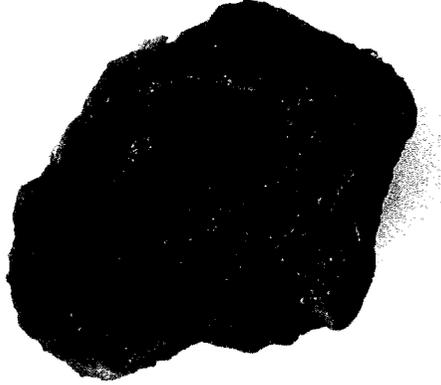


Abb. 7: Abdruck der Stielklappe von *Brachyspirifer carinatus angustidentalis* (Slg. Geol. Paläont. Inst. Univ. Göttingen Nr. 446-99).

nur um extreme Formen der oben angesprochenen Arten und Unterarten handeln (Abb. 5, 6, 7). Aufgrund der geringen Anzahl wurden keine statistischen Test vorgenommen. *B. c. latissimus* fällt durch seine schmale Gestalt und seinen riesigen Muskelzapfen auf. Bei *B. c. angustidentalis* ist das Gegenteil der Fall. Eine Klärung der oben angeschnittenen Frage kann nur durch zusätzliches Material erfolgen und soll deshalb hier unterbleiben.

Bewertung der Merkmale von den Typlokalitäten:

Neuere Arbeiten an rezenten Brachiopoden haben gezeigt, daß bestimmte Merkmale innerhalb einer Art je nach Lebensraum variieren können. Dies betrifft insbesondere den Umriss (Länge und Breite), die Höhe und die Anzahl der Rippen. Der Umriss und die Höhe werden zusätzlich durch die tektonische Verdrückung beeinflusst. Alle internen Merkmale werden ebenfalls tektonisch verändert, aber durch die Verwendung der speziellen verdrückungsunabhängigen Werte (s. vorne) kann dieser Umstand ausgeglichen werden. Aus den genannten Gründen ergibt sich für die taxonomische Bearbeitung eine relative Wertigkeit der Merkmale. In den nachfolgenden Diagnosen geht die relative Wertigkeit insofern ein, als die internen Merkmale zur Zeit als gut geeignet erscheinen, Taxa abzugrenzen. Weniger geeignet sind die intraspezifisch variierenden Merkmale; sie werden daher an das Ende der Diagnosen gestellt. Ob interne Merkmale ebenfalls mit dem Lebensraum korreliert und daher variabel sind, müssen zukünftige Untersuchungen noch ergeben.

Brachyspirifer carinatus carinatus (SCHNUR, 1853)

. Diagnose: Muskelzapfen selten oder gar nicht nach vorne abgesetzt. Kleiner Muskelzapfen, Länge 49,3% der Gesamtlänge, Breite 23,8% der Gesamtbreite. Kurze Zahnstützen, 35% der Gesamtlänge, meist parallel und gerade ausgebildet. Breite des Sinus 35,4% der Gesamtbreite. Schloßrand meist gerade. Die Wölbung der Stielklappe im Vergleich

zur Gesamtlänge ist relativ hoch (51,8%). Die Höhe der Area liegt im Vergleich zur Gesamtlänge ebenfalls hoch (24,6%). Das Maximum der Rippen der Stielklappe ist 17, das Minimum 11, der Durchschnitt 14,5. Die Breite der ersten drei Rippen beträgt 10,7%. Die Sinusform ist relativ stark gewölbt. Die Rippenform ist gewölbt (45,3%). Dorsale apikale Lamellen sind vorhanden, aber auf die unmittelbare Nähe des Processus cardinalis beschränkt. Der Wulst ist mit ca. 38% relativ schmal. Das Maximum der Rippen der Armklappe liegt bei 18, das Minimum bei 11, der Durchschnitt bei 13,3.

Brachyspirifer carinatus rhenanus SOLLE, 1971

Diagnose: Muskelzapfen gut nach vorne abgesetzt, relativ lang (57,4% der Gesamtlänge) und schmal (24,4%). Schmäler Sinus (24,5% der Gesamtlänge). Lange Zahnstützen (39,1%), die keil- oder parallelförmig ausgebildet sind. Schloßrand stets gerade. Striemung auf dem Muskelzapfen parallel. Das Maximum der Rippen ist 19, das Minimum 11, der Durchschnitt liegt bei 14,4. Die Höhe der Stielklappe ist gering (40,1%), die Area niedrig (18,8%). Die dorsalen apikalen Lamellen sind schwach ausgebildet (nur in unmittelbarer Nähe zum Processus cardinalis). Der Wulst ist relativ kräftig (ca. 59% der Gesamtbreite). Das Maximum der Rippen der Armklappe liegt bei 16, das Minimum bei 9, der Durchschnitt bei 13,2. Die Sinusform ist relativ schwach gewölbt, die Rippenform ebenfalls (34,4%).

Brachyspirifer ignoratus (MAURER, 1883)

Diagnose: Relativ langer (60,8%) und breiter (30,1%) Muskelzapfen. Er kann mehr oder weniger aus der Schale herausgehoben sein. Länge der Zahnstützen gleich 40,9% der Gesamtlänge, die zu 71,4% meist keilförmig ausgebildet sind. Der Schloßrand ist meist konvergent. Die Höhe der Stielklappe (38,9%) und der Area (23,7%) ist gering. Striemung auf dem Muskelzapfen meist radial. Von der Mikroskulptur sind wegen des groben Sedimentes nur die Anwachslinien zu erkennen; sie sind engständig und mit konstantem Abstand ausgebildet. Die Sinusform ist relativ kräftig (46,7%). Das Maximum der Rippen liegt bei 16, das Minimum bei 11, der Durchschnitt bei 14. Die dorsalen apikalen Lamellen sind relativ kräftig ausgebildet und haben etwa die Hälfte der Länge der Zahngruben. Der Wulst ist relativ breit (ca. 51%). Das Maximum der Rippen der Armklappe ist 18, das Minimum 15, der Durchschnitt 16,6.

Differentialdiagnose: *B. ignoratus* unterscheidet sich von *B. carinatus carinatus* durch den gut nach vorne abgesetzten, breiteren und teilweise herausgehobenen Muskelzapfen; durch die längeren und teilweise keilförmigen Zahnstützen; durch die kräftigeren dorsalen apikalen Lamellen; durch den breiteren Wulst und durch die geringere Höhe der Stielklappe.

B. ignoratus unterscheidet sich von *B. carinatus rhenanus* durch den zum Teil herausgehobenen und breiteren Muskelzapfen; den breiteren Sinus; die höhere Anzahl von keilförmigen insbesondere geraden Zahnstützen; das teilweise Vorhandensein von radialen Striemungen auf dem Muskelzapfen; das teilweise Vorhandensein eines konvergenten Schloßrandes; die kräftigeren dorsalen apikalen Lamellen.

B. ignoratus unterscheidet sich von *Brachyspirifer (Torosospirifer) validus* GOURVENNEC 1989 durch die schwache bis fehlende Ausbildung der Gonoglyphen; die schwächere Ausbildung der dorsalen apikalen Lamellen; die regelmäßigere Anordnung der Anwachslinien.

B. carinatus carinatus unterscheidet sich von *B. c. rhenanus* durch die fast immer fehlende Absetzung der Muskelzapfen; den breiteren Sinus; das Vorhandensein einer radialen Striemung auf dem Muskelzapfen; dem Fehlen von keilförmig geraden Zahn-

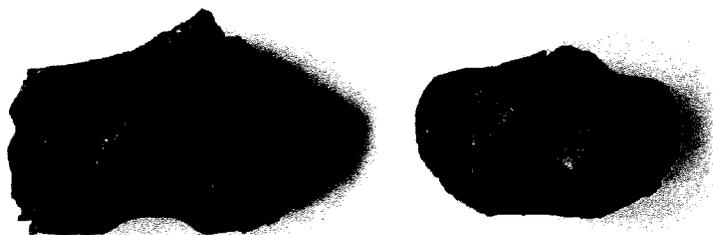


Abb. 8: Stielklappen von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kühkopf bei Koblenz mit herausgehobenen und nicht herausgehobenen Muskelzapfen und geradem Schloßrand (links, Slg. GLA Mainz Bop 1/1; rechts, Slg. Senckenberg XVII 802 c).

stützen; der größeren Höhe der Stielklappen; dem schmälere Wulst und der stärkeren Wölbung des Sinus.

Beschreibung von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kühkopf bei Koblenz (s. Abb. 8, 9, 10):

Die Fundstücke sind für die Paläontologie der Brachiopoden des Rheinischen Unterdevon bemerkenswert, da sich insgesamt sechs doppelklappige Schalen und 25 Armklappen feststellen lassen. Dies weist auf die geringe Umlagerung hin und macht die Fundstücke besonders für paläoökologische Untersuchungen wertvoll.

Ein *B. ignoratus* mit großer Variabilität. Der Umriß reicht von Stielklappen mit konvergentem bis geradem Schloßrand bei Stücken die wesentlich breiter als lang sind, zu solchen die nur geringfügig oder gleich lang wie breit sind. Die Größe und Heraushebung des Muskelzapfens ist variabel. Um einen Überblick zu gewinnen, sind „Formtypen“ definiert worden (Tab. 5). Dabei sind vier verschiedene Merkmale berücksichtigt: das Breiten-Längen-Verhältnis, der Schloßrand, die Größe und Heraushebung des Muskelzapfens. In der Tab. 6 sind die „Formtypen“ mit ihrem jeweiligen prozentualen Anteil von Fundstücken angegeben.

Das Maximum liegt bei Typ IV und VIII, d. h. die Stielklappe ist wesentlich breiter als lang, hat einen geraden oder konvergenten Schloßrand mit einem großen Muskelzapfen, der nicht herausgehoben ist. Die Größe des Muskelzapfens bezieht sich auf die Gesamtlänge, ein kleiner Muskelzapfen liegt unter 50 % der Gesamtlänge und umgekehrt. Relativ häufig sind noch die Typen III und VII. Es handelt sich um die gleichen Typen wie oben, nur ist hier der Muskelzapfen herausgehoben. Die Typen I und II liegen nur untergeordnet vor, im Unterschied zu den vorgenannten Typen ist ihr Muskelzapfen kleiner 50% der Gesamtlänge. Aus den allgemeinen Bemerkungen zur tektonischen Verzerrung auf S. 17 (vgl. Abb. 11, 12, 13) kann abgeleitet werden, daß die Typen IX und XII aus den

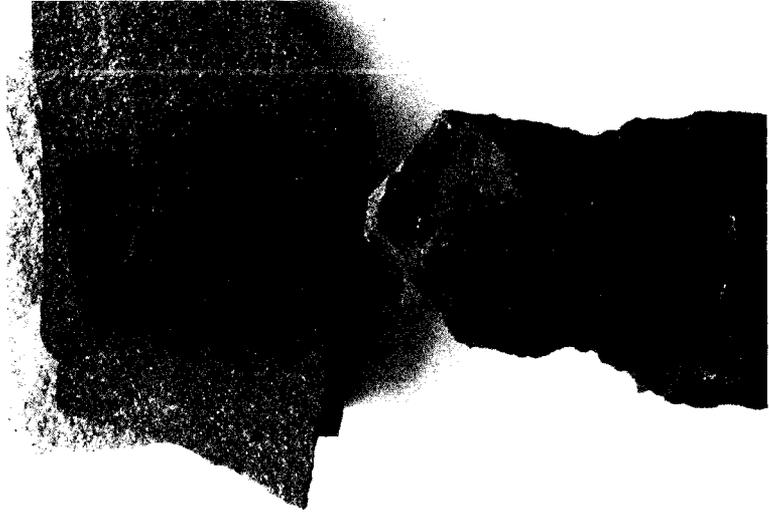


Abb. 9: Stielklappen von *Brachyspirifer ignoratus*, links von Miellen (Slg. Senckenberg SMF 25269), rechts vom Kühkopf (Slg. Senckenberg). Beide Exemplare haben einen geraden Schloßrand und sind querverlängert.



Abb. 10: Stielklappen von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kühkopf mit konvergentem Schloßrand, aber verschiedenen Breiten-Längen-Verhältnissen (links, Slg. GLA Mainz Bop 1/4 entspricht etwa Abb. 1 E; rechts, Bop. 1/5 entspricht etwa Abb. 1 G).

Tab. 5: Mögliche „Formtypen“ von *Brachyspirifer ignoratus* und verwandten Arten.

kl. = klein, gr. = groß, her. = herausgehoben, nher. = nicht herausgehoben, Mzapf. = Muskelzapfen.

Stielklappe wesentlich breiter als lang			
Konvergenter Schloßrand		gerader Schloßrand	
I kl. her. Mzapf.	III gr. her. Mzapf.	V kl. her. Mzapf.	VII gr. her. Mzapf.
II kl. nher. Mzapf.	IV gr. nher. Mzapf.	VI kl. nher. Mzapf.	VIII gr. nher. Mzapf.

Stielklappe etwa gleich lang wie breit			
Konvergenter Schloßrand		gerader Schloßrand	
IX kl. her. Mzapf.	XI gr. her. Mzapf.	XIII kl. her. Mzapf.	XV gr. her. Mzapf.
X kl. nher. Mzapf.	XII gr. nher. Mzapf.	XIV kl. nher. Mzapf.	XVI gr. nher. Mzapf.

Tab. 6: Prozentuale Verteilung der „Formtypen“ bei *Brachyspirifer ignoratus*.

„Formtyp“	<i>B. ignoratus</i> von Miellen	<i>B. ignoratus</i> vom Kühkopf	Chi-Quadrat Wert
I	16,6	8,3	1,1
II	–	9,7	1,89
III	5,5	13,8	0,4
IV	5,5	15,2	2,6
V	–	–	–
VI	–	–	–
VII	27,7	12,5	1,1
VIII	27,7	18	0,16
IX	–	6,9	1,0
X	–	1,3	0,2
XI	16,6	5,5	2,4
XII	–	8,3	1,6
XIII	–	–	–
XIV	–	–	–

oben aufgeführten Formen durch tektonische Verlängerung entlang der Längsachse der Brachiopoden entstanden sind. Nicht besetzt sind die Formen V und VI, sowie XIII bis XIV. Typ V ist wesentlich breiter als lang, mit geradem Schloßrand sowie herausgehobenem kleinen Muskelzapfen, und entspricht etwa *Paraspirifer sandbergeri longimargo*.



Abb. 11: Stielklappen von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kühkopf mit verschiedenen Achsenverhältnissen (links unten, Slg. GLA Mainz Bop 1/4, entspricht etwa Abb. 1 E, links oben, Bop 1/12, entspricht etwa Abb. 1 G, rechts oben, Slg. Senckenberg XVII 802 c, entspricht Abb. 1 C und rechts unten, Bop 1/3, ist noch extremer als Abb. 1 B und erinnert an *B. carinatus latissimus*).

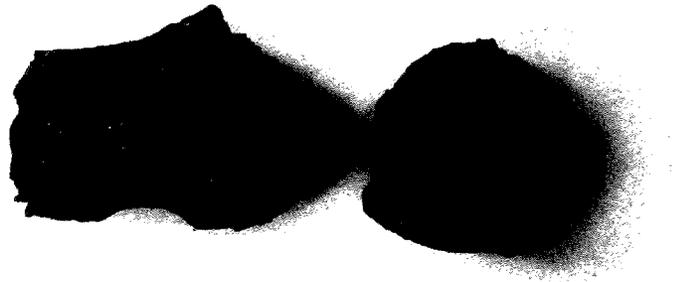


Abb. 12: Stielklappen von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kühkopf, Exemplare mit unterschiedlichen Achsen (links, Slg. GLA Mainz Bop. 1/1 entspricht etwa Abb. 1 B; rechts, Bop. 1/11 entspricht etwa Abb. 1 F).

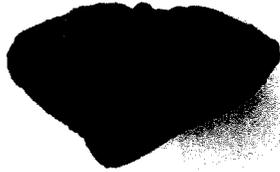


Abb. 13: Leicht deformiertes doppelklappiges Exemplar von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kühkopf (Slg. Senckenberg XVII 802 c).

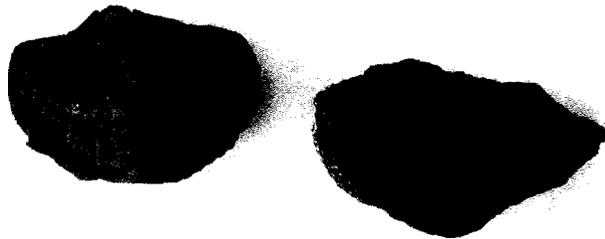


Abb. 14: Armklappen von *Brachyspirifer ignoratus*, rechts von Miellen (Slg. Paläont. Inst. Univ. Bonn), links vom Kühkopf (Slg. Senckenberg XVII 802 c).

Typ VI, bei dem der Muskelzapfen nicht herausgehoben ist, entspricht etwa *Brachyspirifer carinatus carinatus*. Die Typen XIII bis XIV entsprechen ungefähr *Paraspirifer sandbergeri brevimargo*. Ohne hier näher auf die Beziehungen zu *Paraspirifer* eingehen zu wollen (dies

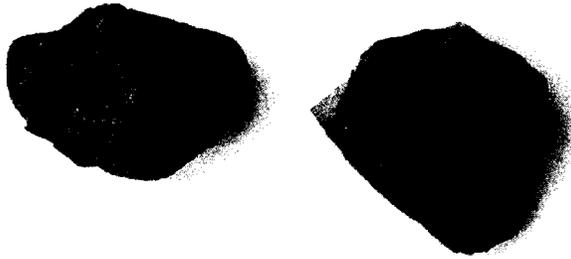


Abb. 15: Armklappen von *Brachyspirifer ignoratus*, rechts längsverlängert, links querverlängert (beide Slg. Senckenberg XVII 802 c).

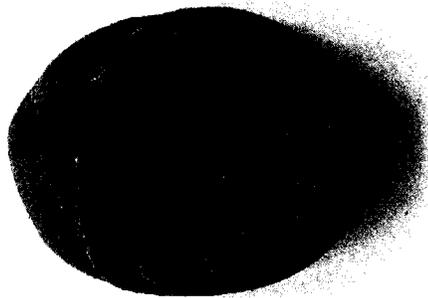


Abb. 16: Positivabdruck einer Armklappe von *Brachyspirifer ignoratus* vom Kühkopf (Slg. Senckenberg XVII 872 m), auch hier sind die beiden Kerben vorhanden (s. Abb. 4).

soll in einer späteren Publikation erfolgen), bleibt festzuhalten, daß sich *B. ignoratus* im wesentlichen durch folgende Merkmalskombination auszeichnet: Stielklappe wesentlich breiter als lang, mit geradem oder konvergentem Schloßrand und einem großen heraus-

gehobenen oder nicht herausgehobenen Muskelzapfen. Alternativ zu den oben genannten Merkmalen, kommen noch Formen vor, die einen kleinen Muskelzapfen besitzen. Weniger breite Formen oder solche mit etwa gleich langen Achsen können durch tektonische Zerrung entstanden sein (dieser Vorgang kann auch in umgekehrter Richtung stattgefunden haben). Der Muskelzapfen hat eine durchschnittliche Länge von 57 % der Gesamtlänge, ist aber signifikant schmaler als bei der Population von der Typlokalität. Die Zahnstützen sind relativ lang (42,8 %), ihre Lage im Bezug zu den Rippen ist sehr variabel und reicht von der ersten bis zur vierten Rippe (mit dazwischenliegenden Tälern). Die Zahnstützen können sowohl keilförmig als auch parallel sein, wobei keilförmig-gerade überwiegen. Der Sinus ist im Vergleich zur Typlokalität schmaler, außerdem sind die ersten drei Rippen weniger breit. Die Zahl der Rippen ist nicht mit Sicherheit anzugeben, da das grobe Sediment der Steinkerne eine Auszählung der randlichen kleinen Rippen verhindert. Die Höhe der Stielklappe und der Area entspricht der Typ-Population. Die Breite des Wulstes liegt bei ca. 37 % der Gesamtbreite. Die dorsalen apikalen Lamellen sind relativ kräftig ausgebildet (etwa die Hälfte der Länge der Zahngruben). Als Besonderheit tritt auf den dorsalen apikalen Lamellen z. T. eine zusätzliche mehr oder minder breite Grube auf (z. B. SMF 872 m). Diese Grube kommt auch bei einem Stück aus der Typ-Population vor (Miellen 53, Slg. Bonn).

5. Diskussion

Die große Variabilität ist sicherlich zumindest zum Teil auf die große Anzahl der untersuchten Stücke zurückzuführen (72 Stielklappen, 25 Armklappen und sechs doppelklappige Exemplare). Vergleicht man in diesem Zusammenhang zum Beispiel die Lage der Zahnstützen mit denen von der Typlokalität, so zeigen sich bei den Stücken vom Kühkopf zusätzliche Ausrichtungen, die bei den Exemplaren von Miellen, wohl aufgrund der geringeren Anzahl, fehlen. Ein statistisch signifikanter Unterschied liegt jedoch nicht vor. Auch die Auswertung und der Vergleich der „Formtypen“ mit der Typlokalität zeigt Unterschiede (Tab. 6). Neben den etwa ähnlichen Maxima von Typ VII und VIII ergeben sich Ausfälle bei den Typen IX, X und XII, die allerdings bei der Population vom Kühkopf relativ schwach repräsentiert sind, während die „Formtypen“ I und XII bei der Population von Miellen stärker vorhanden sind. Nach den Chi-Quadrattest sind keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellbar, so daß die unterschiedliche Verteilung auf Zufall beruht. Beide Beispiele sprechen eine deutliche Sprache und warnen vor einer Überbetonung von Merkmalen, die auf einer geringen Anzahl von überlieferten Stücken beruhen. Bei den metrischen Werten ergeben sich aber signifikante Unterschiede: Die Muskelzapfen, der Sinus und die ersten drei Rippen sind schmaler. Gegen die Benennung als eigenständiges Taxon spricht, wie eingangs schon erwähnt, die große Zahl sich stark ähnelnder Arten bei *Brachyspirifer*. In Zukunft soll an einer ebenfalls sehr zahlreichen Population von *B. ignoratus* untersucht werden, ob die abweichenden Merkmale mit dem Lebensraum korreliert werden können. Möglich sind auch allometrische Verschiebungen. Außerdem ist es denkbar, daß die abweichenden Merkmale in Verbindung mit dem unterschiedlichen stratigraphischen Alter der Fundstellen stehen. Erst nach Klärung dieser Fragen erscheint eine endgültige taxonomische Zuordnung sinnvoll. Die Fundstücke vom Kühkopf werden daher vorläufig noch zu *Brachyspirifer ignoratus* gestellt (vgl. Abb. 14, 15, 16).

Schriften

BREDDIN, H. (1954): Die tektonische Deformation der Fossilien im Rheinischen Schiefergebirge. – Z. deutsch. geol. Ges., **106**, S. 227-305, 40 Abb., 8 Tab., 3 Taf., Hannover.

- DAHMER, G. (1948): Die Fauna des Koblenzquarzits (Unterdevon, Oberkoblenz-Stufe) vom Kühkopf bei Koblenz. – *Senckenbergiana*, **29**, S. 115-136, 3 Taf., Frankfurt a. M.
- GAD, J. (1994): Untersuchungen zum Status der Unterarten von *Arduspirifer arduennensis* (SCHNUR 1853) aus dem Unterdevon des Rheinischen Schiefergebirges. – *Mainzer geowiss. Mitt.*, **23**, S. 185-198, 5 Abb., 2 Tab., Mainz.
- GODEFROID, J. (1980): Le genre *Brachyspirifer* WEDEKIND, R., 1926, dans le Siegenien, l'Emsien et le Couvinien du bord méridional du Synclinorium de Dinant. – *Bull. Inst. roy. Sci. natur. Belgique*, **52**, S. 1-102, 19 Abb., 17. Tab., 14 Taf., Brüssel.
- GOURVENNEC, R. (1989): Brachiopodes Spiriferida du Dévonien inférieur du Massif armoricain. Systématique – Paléobiologie – Evolution – Biostratigraphie. – *Biostratigraphie du Paléozoïque*, **9**, S. 1-281, 155 Abb., 22 Taf., Brest.
- JAHNKE, H. (1971): Fauna und Alter der Erbslochgrauwacke (Brachiopoden und Trilobiten, Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge und Harz). – *Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, **9**, S. 1-105, 50 Abb., 11 Taf., Göttingen.
- MAURER, F. (1883): Über das rheinische Unterdevon. – *Z. deutsch. geol. Ges.*, **35**, S. 633-635, Berlin.
- MITTMAYER, H. G. (1962): Die Hunsrückschiefer des südlichen Aartaales (Rheinisches Schiefergebirge). Stratigraphie und Tektonik sowie Beiträge zur Palaeontologie und Gefügekunde der Hunsrückschiefer. Diss. Univ. Hamburg, 76 S., 41 Abb., 6 Taf., Hamburg.
- PALAEONTOLOGISCHER ARBEITSKREIS KOBLENZ (1992): Spuren des Lebens – Fossilien von Rhein und Mosel. 179 S., 9 Abb., 2 Tab., 60 Taf., (Selbstverlag) Koblenz.
- SCUPIN, H. (1900): Die Spiriferen Deutschlands. – *Paläont. Abh., N. F.*, **4**, S. 107-344, 10 Taf., Jena.
- SCHNUR J. (1853): Zusammenstellung und Beschreibung sämtlicher im Übergangsgebirge der Eifel vorkommenden Brachiopoden. – *Palaeontographica*, **3**, S. 169-252, 23 Taf., Kassel.
- SOLLE, G. (1953): Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im Rheinischen Devon. – *Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **5**, S. 1-156, 18 Taf., Wiesbaden.
- (1971): *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* im Rheinischen Devon. – *Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.*, **59**, 163 S., 1 Diagr., 20 Taf., Wiesbaden.
- VANDERCAMMEN, A. (1963): Spiriferidae du Dévonien de la Belgique. – *Mém. Inst. roy. Sci. nat. Belgique*, **150**, S. 1-179, 103 Abb., 1 Tab., 13 Taf., Brüssel.
- (1967): Révision de quelques Spiriférida conservés a l'Université de Bonn. – *Bull. Inst. roy. Sci. nat. Belgique*, **43** (14), S. 1-10, 2 Taf., Brüssel.
- WEDEKIND, R. (1926): Die devonische Formation. – In: SALOMON, W.: *Grundzüge der Geologie*. **2**, S. 194-226, Stuttgart.
- WOLBURG, J. (1933): Das Devon im Gebiet der oberen Lenne. – *Abh. preuß. geol. Landesanstalt, N. F.*, **151**, 80 S., 3 Taf., Berlin.

Anschrift des Autors: Dr. JURGEN GAD, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Emmeransstraße 36, D-55116 Mainz.

Manuskript eingegangen am 26. 5. 1993