

Zur Genese des Gagats von Gams bei Hieflau (Oberkreide, Steiermark)

Heinz A. KOLLMANN und Reinhard F. SACHSENHOFER

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle

Summary

The jet-bearing series of Gams (Schoenleiten Formation) was deposited in a marine environment. The basal parts were deposited under lagoonal conditions. Fossil assemblages of the upper part indicate open marine conditions. The sediments have been deposited under transitional conditions between the inner and the outer shelf. Lumachelles and sandstone layers with flaser bedding and lamination are interpreted as storm events.

Field observations let us conclude that jet occurs in certain levels of the sequence. The transformation of driftwood into jet is not yet understood completely. The bituminous matter characteristic for jet may be derived from external sources (surrounding rocks) or internal sources (resins). An assimilation of bituminous matter of microbial origin is also possible.

Einleitung

Der Abbau von Gagat in der Gosau-Gruppe von Gams bei Hieflau ist im 15. und 16. Jahrhundert belegt (FREH, 1956). Weiters wurden um die Mitte des 19. Jahrhunderts, zur Zeit der ersten Energiekrise, mehrere Probeschürfe nach Kohle angelegt (PETERS, 1852; STUR, 1871). Berichte über eine Kohleproduktion in dieser Zeit liegen nicht vor. Das gleiche gilt für die nach dem 2. Weltkrieg angelegten Kohleschürfe im Pitzengraben, westlich der Nothklamm.

Bergbau nach Gagat ging in zwei Bereichen um: Auf der Schönleiten, nördlich von Gams und dem Haspelgraben, östlich des Ortszentrums. Die vorliegende Arbeit behandelt den Gagat von Gams und dessen Bildungsbedingungen.



Abb.1: Lage der angeführten Probenpunkte im Becken von Gams

1. Geologischer Überblick

Das Gosaubecken von Gams liegt im steirischen Anteil der Nördlichen Kalkalpen, ca. 10 km NE Hieflau. Es erstreckt sich ca. 15 km in E-W Richtung und wird durch eine "Aufbruchszone" triadischer und jurassischer Gesteine in einen West- und Ostteil gegliedert.

Die basalen Abschnitte des Gamser Beckens sind in das obere Turon einzustufen (SUMMESBERGER in SCHULTZ & PAUNOVIC, 1996). Aufgrund feldgeologischer Untersuchungen tritt in den Gosauschichten des Westteils des Gamser Beckens folgende Schichtfolge auf (von unten nach oben):

- a. Konglomerat
- b. Kohle- und gagatführende Mergelserie (sie stellt den unteren Abschnitt der Noth Formation nach SIEGL-FARKAS & WAGREICH, 1996, dar. Wegen der unterschiedlichen Lithologien wird sie als Schönleiten Formation davon abgetrennt).

- c. Sandsteinserie mit "Exotischen Geröllen"; Noth Formation (höherer Teil der Noth Formation nach SIEGL-FARKAS & WAGREICH, 1996). Kohlevorkommen wurde innerhalb dieser Serie durch zwei Stollen im Pitzengraben, westlich der Noth-Klamm aufgeschlossen.
- d. Dunkelgrauer Tonmergel mit stärker sandigen Zonen (Grabenbach Formation nach SIEGL-FARKAS & WAGREICH, 1996). Diese Formation ist an der Radstatt-Straße und in den westlich und östlich davon gelegenen Gräben aufgeschlossen.
- e. Konglomerat am Südrand des Beckens.

2. Beschreibung der Schönleiten-Formation

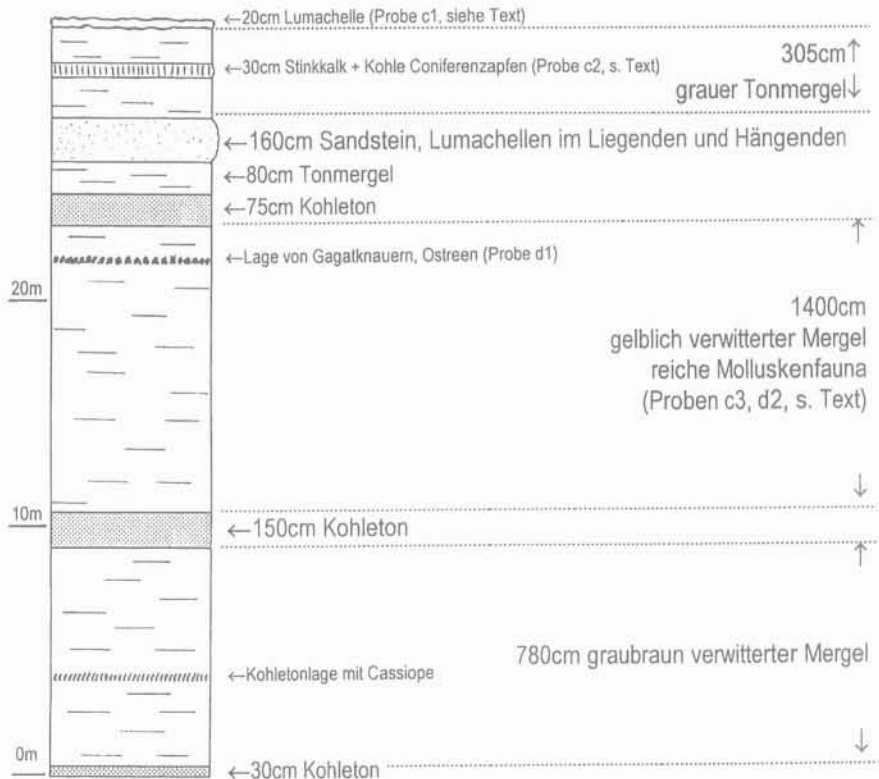


Abb.2.: Lithologisches Profil des im Aushub auf der Schönleiten aufgeschlossene Anteils der Schönleiten Formation. Profilaufnahme: R.Sachsenhofer, H.Summesberger, 1994. Die verkehrte Lagerung im Profil wurde korrigiert. In das Profil wurden Faunen des Parallelaushubs projiziert.

2.1. Lithologie

Die geologische Kartierung (KOLLMANN, 1964 und neue Begehungen) und geophysikalische Untersuchungen (MAURITSCH et al., 1992) grenzen das Vorkommen des Gagats auf die Schönleitenformation (b in der Schichtfolge) ein. Diese tritt fast nur in Gelegenheitsaufschlüssen zu Tag. Aushübe auf der Schönleiten, nördlich von Gams durch die Gemeinde Gams in den Jahren 1994 und 1997 schlossen die Serie über eine Profillänge von 30 m auf (Profil 1). Die Serie umfaßt dunkel- bis hellgraue, graugelb verwitternde Mergel. Untergeordnet treten folgende Lithologien auf:

Kohletone. In diesen wechseln kohlige Lagen mit dunklem Ton ab. Die Dicke der Kohlelagen bewegt sich im Millimeter- bis Zentimeterbereich. Breit linsenförmige Querschnitte weisen auf verholzte Pflanzenreste hin.

Dunkle Lagen mit unregelmäßig verstreuten Pflanzenresten. Nach einer ersten Begutachtung durch Eder-Kovar (mündliche Mitteilung) handelt es sich um Reste von Landpflanzen, wahrscheinlich Koniferen.

Dichter Sandsteinen mit Flaserschichtung und Lamination. Er verwittert dünnplattig und unterscheidet sich im Gelände durch die Dichte und das feine Korn von der überlagernden Sandsteinserie.

Der 1994 im Aushub gefundene Gagat (siehe Profil) wurde im gleichen Horizont in einem 1997 angelegten, ca. 10 m östlich gelegenen Aushub abermals angetroffen. Dies läßt eine Horizontbeständigkeit des Gagats vermuten. Zu Gagat umgewandelt sind dickere Stämme und Äste. Im umgebenden Mergel kommen auch kleinere Pflanzenreste vor. Die Kompaktion der ursprünglichen Hölzer beträgt ca. 50 %. Austern im Bereich des Gagats lassen auf einen Aufwuchs auf Holz schließen.

2.2. Mächtigkeit

Die geologische Kartierung ergab, daß die Folge zwischen Grundgebirge und der Oberkante der Schönleiten Formation im Bereich der Schönleiten 230 m mächtig ist. Tektonisch bedingte Wiederholungen sind mangels Aufschlüssen nicht auszuschließen. Die Mächtigkeit der basalen Serie ist an der Oberfläche nicht feststellbar. Auf der Schönleiten sind nur einige wenige Meter an der Kehre der Akoglstraße oberhalb des Bades aufgeschlossen. Wegen der tektonischen Situation (Harnisch gegenüber dem Grundgebirge) ist die tatsächliche Mächtigkeit nicht feststellbar.

PETERS (1852) erwähnt in der geologischen Beschreibung eines Stollenprofils ca. 40 m Sandstein an der Basis. Dieser konnte an der Oberfläche

nicht nachgewiesen werden. Die Angabe läßt die Schönleiten Formation der Schönleiten auf eine Mächtigkeit von knapp 200 Metern einengen.

Am Nordabhang des Haspelgrabens beim Haspelbauern beträgt die Mächtigkeit der Formation ungefähr 120 m. Zwischen den Verbreitungsgebieten des Gagats im Bereich der Schönleiten und des Haspelgrabens ist die Serie nicht aufgeschlossen.

2.3. Fossilbelege

PETERS (1852) und REUSS (1854) geben im Prinzip gleiche Fossilisten (Bestimmung: REUSS) von der Halde eines Kohlebergbaus auf der Schönleiten, nahe des Gallerbauern, wieder. Weiters werden Faunen von KOLLMANN (1964) angeführt und der Fisch *Coelodus plethodon* ARAMBOURG & JOLEAUD von PAUNOVIC & SCHULTZ (1998) beschrieben. Ergänzend seien die folgenden Fossilfunde (a-e) angeführt. Bemerkungen zu den Taxa sind unter der bei dem Namen angeführten Nummer am Schluß des Kapitels zu finden:

- a) Kehre Akogelstraße, oberhalb Schwimmbad. Dunkelgraue Tonmergel mit Kohlelage (Fundort von *Coelodus plethodon* nach SCHULTZ & PAUNOVIC, 1998)

Pseudamaura brevissima (REUSS)¹, selten

Cassiope suffarcinata (MUNSTER)

Turritella rigida SOWERBY, selten

- b) Akogelstraße, oberhalb Abzweigung zur Villa Luisenheim. Grauer Mergel

Flabelliforme, solitäre Korallen

1 flache solitäre Koralle

Ostreen

Otostoma sp.²

Cassiope suffarcinata (MUNSTER)

Pseudamaura brevissima (REUSS)

Mitride³

Fasciolariide

- c) Schönleiten, Aushub Dezember 1994 (siehe Abb.2)

Probe1

1 Lumachelle und Pflanzenreste

Ostreen, mit Spuren von Bohrschwämmen

Brachidontes sp.

Cardium sp.

Die Muschelklappen sind durchwegs desartikuliert.

Probe 2

Koniferen-Zapfen und unbestimmbare Pflanzenreste

Probe 3

Heller, grauer Mergel

Milioliden (häufig) und andere Sandschaler

Globotruncanen (vereinzelt)

Glattschalige Ostracoden (häufig)

Neritoptyx goldfussi (MUENSTER)

Turritella rigida SOWERBY

Amauropsis bevissima (REUSS)

Pictavia acuminata (REUSS)⁴

Pirenella muensteri (KEFERSTEIN)

Echinobathra cf. *debile* (ZEKELI)

Echinobathra gosauense (STOLICZKA)

Potamides sp.⁵

d) Parallelaushub, Schönleiten

Probe 1

Bereich der Gagatlage

Ostreen. Diese sind zumindest teilweise an inkohltem Holz angeheftet

Probe 2

Gelbgrauer Mergel

Pheloptera sp. (häufig)

Pseudamussium exilis (REUSS)

Neritoptyx goldfussi (MUENSTER)

Turritella rigida SOWERBY

e) Wiesenanriß oberhalb Haspelbauer. Grauer Mergel mit kleinen Gagatstücken. Fauna im Mikrobereich

Globotruncanidae

Miliolidae

Ostracoda

"Astarte"⁶

Turritella rigida SOWERBY

Echinobathra sp.

Anmerkungen

¹ Die durch REUSS (1854) von der Schönleiten beschriebene Art wurde vom selben Autor 1853, in einer trotz des Erscheinungsjahrs offensichtlich später verfaßten Arbeit zugunsten von *A. bulbiformis* wieder eingezogen. Der letzte Umgang ist jedoch immer niedriger. Es handelt sich daher um eine gesonderte Art.

² Es ist dies das einzige Vorkommen von *Otostoma* in der Serie. Die Skulptur ist ähnlich *O. fourmeli* (BAYLE) und *O. grossouvrei* Cossmann (nach COSSMANN, 1903). Diese Formen haben basal mehr Knotenreihen.

³ Die Skulptur stimmt weitgehend mit der Abbildung von *Voluta cristata* ZEKELI (1852) überein. Es treten jedoch zwei kräftige Spindelfalten anstatt drei auf. Bei den an der Geologischen Bundesanstalt aufbewahrten Originale von *V. cristata* ist die Skulptur nur sehr fragmentär erhalten. Sie sind, wie bereits STOLICZKA (1865, 78) feststellte, schlecht erhaltene Exemplare von *Mesorhytis cancellata* (SOWERBY).

⁴ Der Name wurde von PETERS (1852) erstmals angeführt, wurde ihm aber von REUSS genannt. Dieser stellte selbst 1854 die Form zu *Natica pungens*, führt aber nicht die ursprüngliche Beschreibung durch SOWERBY (1837) sondern die Nennung durch D'ORBIGNY (1842-43) an. STOLICZKA (1865, 44) betont zurecht die Eigenständigkeit der Art und bildet ein Exemplar aus Gams ab (pl.1, fig. 2,3).

⁵ Die Form ist bisher aus der Gosau-Gruppe nicht bekannt. Sie ist verhältnismäßig groß und besitzt flache Umgänge. Die Skulptur besteht aus etwas schiefen, kräftigen Kollabralrippen und engen Spiralfurchen. Die Peripherie ist kantig, abapikal tritt eine zweite Kante auf.

⁶ Kleine, dreieckige Klappen mit wenigen lateralen Rippen.

3. Gagat

3.1. Probenmaterial und Untersuchungsmethoden

Untersucht wurden 10 Gagat-, Kohle- und Nebengesteinsproben aus dem Haspelgraben und der Schönleiten sowie dem ehemaligen Kohleschurf am Eingang der Nothklamm. Für Vergleichszwecke wurden zusätzlich 17 Gagat- und Kohleproben von verschiedenen Gosaubecken untersucht.

Die petrographische Untersuchung der organischen Substanz und die Bestimmung der mittleren Vitrinitreflexion (R_r) wurden mit einem Auflichtmikroskop MPV-2 der Fa. Leitz nach den gängigen Methoden (STACH et al., 1982) durchgeführt. Beim Studium bituminöser Stoffe bewährte sich der Einsatz einer Fluoreszenzeinrichtung.

Je zwei Analysen des organischen Kohlenstoffgehaltes (TOC) und des Gesamtschwefelgehaltes wurden pro Probe mit einem LECO CS 300 Gerät durchgeführt.

Ein Rock-Eval 2+ Gerät wurde für Pyrolyse-Untersuchungen verwendet (ESPITALIÉ et al., 1977). Wiederum wurde jede Probe doppelt gemessen. Wichtige Parameter zur Charakterisierung des im Sediment enthaltenen organischen Materials sind:

- S1: Menge an freien Kohlenwasserstoffen (mg KW/g Gestein), die im Sediment enthalten ist.
- S2: Menge an Kohlenwasserstoffen (mg KW/g Gestein), die während der Pyrolyse aus dem Kerogen neu gebildet wird.
- S3: Menge an CO_2 (mg CO_2 /g Gestein), die während der Pyrolyse aus dem Kerogen neu gebildet wird.
- PI: Produktions-Index ($S1/(S2+S1)$).
- HI: Wasserstoff-Index ($S2/TOC$) $\times 100$.
- OI: Sauerstoff-Index ($S3/TOC$) $\times 100$.
- Tmax: Temperatur ($^{\circ}C$), bei der ein Maximum an S2 Kohlenwasserstoffen generiert wird.

3.2. Organische Petrologie

Gagat ist ein bitumenreiches Treibholz, das sich durch homogene physikalische Eigenschaften auszeichnet, die ihm einen eigentümlichen tiefen Farbton, matten Glanz und ausgezeichnete Schleif- und Polierfähigkeit verleihen. Im Vergleich zu "normaler" Kohle ist er im allgemeinen wenig kompaktiert. Nahe der Bodenschicht gelegener Gagat ist durch Oberflächeneinflüsse stark brüchig.

Organisch-petrologisch ist er nach der neuen Vitrinit-Klassifikation gemäß des ICCP Systems 1994 (INTERNATIONAL COMMITTEE FOR COAL AND ORGANIC PETROLOGY, 1994) als Collotelinit anzusprechen. Er weist eine deutlich erkennbare Fluoreszenz auf. Oftmals werden unter dem Mikroskop hohe Harz(Resinit)-Gehalte beobachtet. Mitunter füllt Bitumen (Exsudatinit) Risse in der Kohle, die in Harzzellen ihren Ausgang nehmen. Dies zeigt, daß die Harze temperaturbedingt ($> 50^{\circ}C$) mobil geworden sind. Im Vergleich zur "normalen" Kohle ist die Vitrinitreflexion des Gagats signifikant reduziert

(vgl. Tab. 1). Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß bituminöse Substanzen nicht nur Risse füllen, sondern die gesamte holzige Grundmasse des Gagats imprägniert haben.

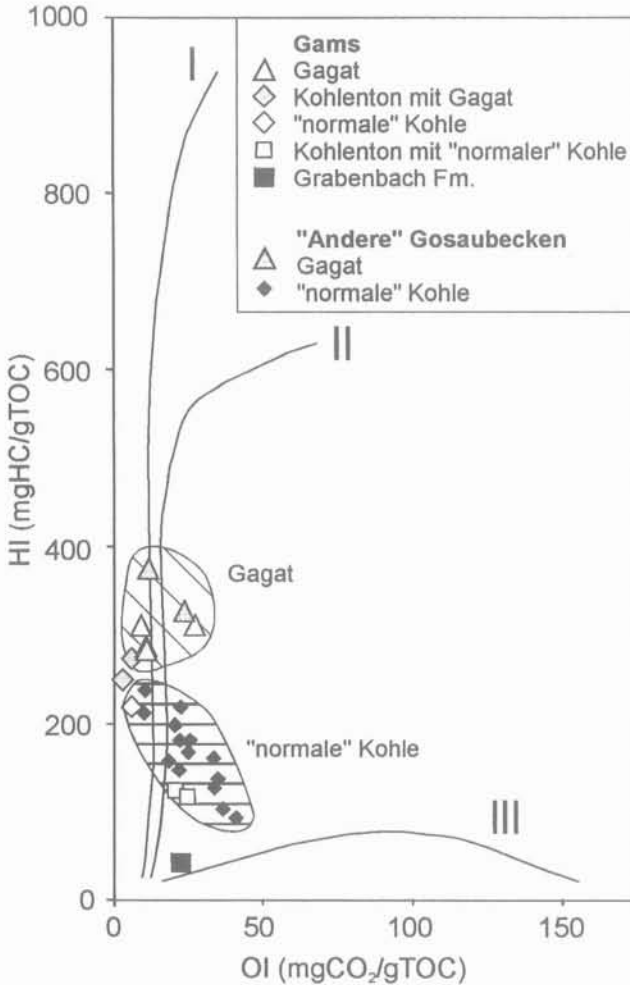


Abb.3: HI/OI Diagramm für Proben aus Gams und anderen Gosaubecken. Beachte die hohen Wasserstoffindexwerte (HI) der Gagatproben.

3.3. Rock Eval Pyrolyse

Die gemessenen Daten sind in Tabelle 1 aufgelistet. Der Wasserstoffindex (HI) von Gagat reicht von 280 mg bis 375 mg HC/g TOC und entspricht jenem malmischen Gagats in Spanien (vgl. SUÁREZ-RUIZ et al., 1994a). Der HI-Wert von Gagat ist deutlich höher als jener "normaler" Kohle (Abb. 3).

Probe	TOC (%)	S (%)	Rock Eval Pyrolyse							Vitrinitreflexion			Bemerkungen
			Si	S2	S3	PI	HI	OI	T _{max} (°C)	Rr (%)	Stand.-abw.	Anzahl	
GAMS													
Haspelgraben													
1	62.80	2.18	3.33	177.48	6.79	0.02	283	11	415	0.28	0.01	16	Gagat
2	1.43	1.74	0.11	1.68	0.35	0.06	117	24	432				Mergel
3	28.60	3.16	1.89	71.16	0.74	0.03	249	3	416	0.58	0.06	49	Kohleton
4	6.65	3.35	0.96	18.27	0.37	0.05	275	6	415	0.55	0.05	50	Kohlef. Muschelschill
5	72.85	2.26	3.79	203.75	7.51	0.02	280	10	413				Gagat
6	0.99	1.38	0.08	0.41	0.22	0.16	41	22	426				Grabenbach-Mergel
Sonnleiten													
gaga5/95	73.95	1.87	5.71	228.70	6.58	0.02	309	9	414	0.35	0.02	17	Gagat
gaga6/95	23.20	0.99	0.48	28.31	4.71	0.02	122	20	436	0.66	0.06	50	Kohleton
Gos74	67.78	2.53	6.34	208.47	18.12	0.03	308	27	416	0.30			Gagat
Gams/Pitzengr.													
7	15.55	8.47	1.80	34.29	0.87	0.05	221	6	422	0.57	0.03	16	Kohleton
SONSTIGE GAGATVORKOMMEN													
Bad Ischl	55.83	3.40	1.67	180.93	12.82	0.01	324	23	394				Gagat
Unterlaussa	74.12		4.99	277.57	8.53	0.02	374	12	412	0.20/0.53			Gagat
SONSTIGE GOSAUKOHLEN													
Piesting	62.46	4.73	3.32	84.74	21.61	0.04	136	35	433	0.56	0.05	60	"normale" Kohle
Muthmannsdorf	57.83	4.07	4.29	96.73	14.25	0.04	167	25	427	0.61	0.04	100	"normale" Kohle
Magdalenstollen	52.22	6.42	1.77	76.12	11.14	0.02	146	21	428	0.58	0.05	78	"normale" Kohle
Magdalenstollen	63.76	1.76	2.73	116.07	13.81	0.02	182	22	429	0.56	0.03	75	"normale" Kohle
Magdalenstollen	56.33	5.13	4.13	110.93	11.39	0.04	197	20	424	0.58	0.06	100	"normale" Kohle
Magdalenstollen	63.12	4.83	3.94	114.74	15.90	0.03	182	25	426	0.58	0.05	52	"normale" Kohle
Grünbach	62.08	0.86	4.25	131.00	6.10	0.03	211	10	430	0.60	0.04	61	"normale" Kohle
Grünbach	69.46	1.19	8.41	165.29	7.09	0.05	238	10	429	0.58	0.04	56	"normale" Kohle
Reitzenberg	63.77	0.78	2.80	80.28	21.30	0.03	126	33	431	0.60	0.04	100	"normale" Kohle
Lanzing	57.87	3.23	3.27	93.13	19.22	0.03	161	33	431	0.45	0.04	50	"normale" Kohle
Frohnberg	60.38	1.94	4.34	131.95	13.40	0.03	219	22	402	0.31/0.42			Treibholz
St. Gallen	64.58	2.61	2.61	102.03	11.66	0.02	158	18	435	0.55	0.03	50	"normale" Kohle
Roßleithen			2.67	105.57	20.13	0.02			427	0.49	0.05	50	"normale" Kohle
Eisenbachtal	56.00	1.78	5.03	57.36	20.34	0.08	102	36	415	0.49	0.03	50	"normale" Kohle
Rainberg	56.94	3.01	3.79	52.61	23.12	0.07	92	41	407	0.29			Treibholz

Tabelle 1: Organischer Kohlenstoffgehalt (TOC), Schwefelgehalt (S), Ergebnisse der Rock-Eval Pyrolyse und Vitrinitreflexion von Proben aus Gams. Daten von Kohlen anderer Gosaubecken der Nördlichen Kalkalpen werden zum Vergleich mitgeteilt. Siehe Text für Erklärungen der Maßgrößen der Rock-Eval Pyrolyse und ihre Einheiten.

Dies gilt sowohl im Vergleich mit Oberkreide-Kohlen anderer Gosaubecken, als auch im Vergleich zu "normaler" Kohle im Bereich Gams (z.B. Kohleschurf im Pitzengraben). Bezüglich des Sauerstoffindex (OI) bestehen dagegen kaum Unterschiede. Im Fall von Kohlen trägt auch extrahierbares Bitumen zum S2-Peak bei (z.B. VERHEYEN et al., 1984). Die hohen HI-Werte sind daher auf den hohen Gehalt der Kohle an bituminösen Substanzen zurückzuführen.

Die HI-Werte des Gagats korrelieren mit hohen Gehalten an flüchtigen Bestandteilen (z.B. Gos74: 58% wasser- und aschefrei; waf), die jene "normaler" Oberkreide-Kohlen (43–49% waf) deutlich übertreffen (SACHSENHOFER, 1987).

Offensichtlich werden die bituminösen Stoffe während der Pyrolyse bei relativ geringeren Temperaturen frei. Der Tmax-Wert von Gagat ist daher bei ähnlichem Inkohlungsgrad stets geringer als der "normaler" Kohle (vgl. Tab. 1).

Kohleton (z.T. mit Muschelschill) weist teils relativ hohe, teils niedrige HI-Werte auf. Eine Mergel Probe aus dem gagatführenden Horizont im Haspelgraben (Probe 2) weist einen geringen HI-Wert auf. Ein noch geringerer HI-Wert kennzeichnet eine Mergel-Probe aus der Grabenbach-Fm. Sedimente mit HI-Werten deutlich über 300 mg HC/g TOC, wie sie in Begleitung des Gagats des Posidonienschiefers in Deutschland und England auftreten (z.B. LITKE, 1993), konnten nicht nachgewiesen werden.

3.4. Thermische Reife

Zur Bestimmung des Inkohlungsgrades wurde die mittlere Vitrinitreflexion (%Rr) "normaler" Kohlen bestimmt. Diese schwankt für Proben aus Gams zwischen 0,53 und 0,66%Rr und weist damit auf den Grenzbereich zwischen Braun- und Steinkohle hin. Die Sedimente befinden sich damit am Beginn des "Öfensters". Diese Bestimmung stimmt mit der Beobachtung von migriertem Bitumen in Rissen überein.

Der Tmax-Wert "normaler" Kohle bestätigt den Inkohlungsgrad. Jener von Gagat ist aufgrund der Bituminierung reduziert.

3.5. Schwefel

Der Gesamtschwefelgehalt der untersuchten Kohlen- und Gagat-Proben ist hoch (bis 8,47 Gew.%; Tabelle 1). Dies bestätigt das marine Ablagerungsmilieu.

3.6. Herkunft der bituminösen Substanz

Die Herkunft der bituminösen Substanzen, die die Treibhölzer imprägnieren, ist noch ungeklärt. In der Folge werden drei Möglichkeiten diskutiert:

Externe Bitumenquelle: Im Fall des liassischen Gagats NW-Europas wird angenommen, daß die Treibhölzer während der Diagenese mit Bitumen aus dem umgebenden Posidonien-schiefer imprägniert wurden (STACH et al., 1982). Für den malmischen Gagat Spaniens wird gleichfalls eine externe Bitumenquelle angenommen (SUÁREZ-RUIZ et al., 1994a). In der Gamser Gosau konnten bisher (abgesehen vom Gagat) keine Bituminen-reichen Sedimente nachgewiesen werden. Die untersuchten Mergel und Kohletone weisen zudem nur geringe Mengen an Liptiniten (z.B. Sporinit, Alginin, Liptodetrinit) auf.

Interne Bitumenquelle: In harzreichen Gagat-Varietäten könnte das Bitumen von den Harzen abgeleitet werden. SUÁREZ-RUIZ et al. (1994b) betonen, daß die "Resinitisierung" von Zellgeweben vor ihrer Einbettung im Sediment dem fossilen Holz chemische Eigenschaften verleihen können, die jenen von Gagat ähnlich sind.

Mikrobielle Aktivität: Wasserstoff-reicher Vitrinit kann auch durch den Einbau mikrobieller Kohlenwasserstoffe entstehen (SCHNITZLER & NEYROUD, 1975; MASTALERZ et al., 1993). Marines Milieu stimuliert aufgrund der hohen pH-Werte die mikrobielle Aktivität. Möglicherweise setzte eine mikrobielle "Attacke" bereits vor der Einbettung der Treibhölzer ein. Der Austern-Aufwuchs zeigt, daß die Treibhölzer längere Zeit dem Meerwasser ausgesetzt waren. Detailliertere organisch-geochemische Untersuchungen sind nötig, um diese Hypothese zu überprüfen.

4. Zur Palökologie des Ablagerungsraums

Die in den stratigraphisch tiefsten fossilführenden Gesteinen der Schönleiten Formation an der Straßenkehre oberhalb des Schwimmbads vorkommende reiche Molluskenfauna ist individuenreich. Sie besteht aus *Neritoptyx*, *Cassiope*, *Pirenella*, *Echinobathra*, *Potamides* und *Naticidae*. Das Vorkommen der Naticidae weist auf voll marines Milieu hin. Der Kiefer des Fisches *Coelodus plethodon* ARAMBOURG & JOLEAUD, beschrieben von SCHULTZ & PAUNOVIC (1996) bestätigt dies. Die unregelmäßige Anordnung der Mollusken zeigt zumindest zeitweise stärkere Wasserbewegung an. Das Assemblage entspricht weitgehend der Cassiope-Pirenella-Vergesellschaftung von KOWALKE & BANDEL (1996) aus der Gosau-Gruppe von Brandenburg. Wegen des Fehlens voll mariner Elemente wird dort als Ablagerungsraum brackisch-lagunäres Milieu mit Verbindung zum offenen Meer angenommen.

Im Aushub auf der Schönleiten sind Turrifellen häufig. Weiters treten *Gymnentome* und dünnschalige Muscheln wie *Pseudamussium* und *Phelopteria* hinzu. In verschiedenen Proben kommen planktonische Foraminiferen vor (siehe auch KOLLMANN, 1964). *Cassiope* und *Pirenella* treten weiterhin auf. *Pirenella* ist jedoch viel seltener als im vorher beschriebenen Assemblage.

Das Assemblage deutet auf eine Ablagerung in Wassertiefen unterhalb der Schönwetter-Wellenbasis hin. Die planktonischen Foraminiferen weisen auf den Übergang zu einem Äußeren Schelfbereich hin (SANDERS, KOLLMANN, WAGREICH, 1997). Auffallend ist, daß *Cassiope* auch in diesem faziellen Bereich auftritt und somit große ökologische Toleranz aufweist.

Bei den Austern und Cardien des Muschelschills im stratigraphisch Hangenden sind die Klappen desartikuliert. Die Dislokation durch kurzfristige höhere Wasserenergie durch ein Sturmereignis scheint am wahrscheinlichsten. Dies trifft auch auf die im gleichen Profil vorkommende Sandsteinlagen zu, bei denen Flaser bedding und Lamination auftritt.

Die dünnen Kohlelagen in den Kohletonen sind durch Inkohlung kleiner Pflanzenbruchstücke entstanden. Reste in Pflanzenanhäufungen dunkelgrauer Mergel sind nur wenige Zentimeter groß. Vorläufige Untersuchungen durch J. Kovar-Eder und die Funde von Zapfen weisen Koniferen nach.

Zu Gagat umgewandelt sind dagegen größere Hölzer, die vom Festland als Treibhölzer eingeschwenkt wurden. Zusammen mit dem Gagat vorkommende Austernschalen waren auf dem Treibholz aufgewachsen. Sie weisen auf ein längeres Treiben des Holzes hin, bevor dieses auf den Meeresboden sank. Möglicherweise wurden die Treibhölzer bereits während dieser Phase von Mikroben zersetzt. Die nachgewiesene Ausdehnung des Vorkommens läßt das Vorhandensein von Gagathorizonten durch den zeitweisen Eintrag größerer Mengen von Baumstämmen vermuten.

5. Rekonstruktion des Ablagerungsraumes

Die in der Schönleiten Formation von Gams vorkommenden Molluskenarten treten auch in anderen Gosaubecken auf. Große Artenübereinstimmung besteht mit dem Becken von Brandenburg (SCHENK, 1969; KOWALKE & BANDEL, 1996). Dies zeigt eine offene Zirkulation an. Auf der anderen Seite läßt die lagenweise Ansammlung von inkohltem Holz auf Mechanismen schließen, die das durch Flüsse vom Festland eingebrachte, mengenmäßig nicht unbeträchtliche Pflanzenmaterial so lange zurückhielt, bis es mit Wasser getränkt auf den Meeresboden sank.

Zur Zeit der Ablagerung war das Becken daher breiter als heute. Zur Lage des nächstgelegenen Festlands gibt es keine direkten Anhaltspunkte. Die von Sturmlagen unterbrochenen feinkörnigen Ablagerungen weisen auf eine distale Sedimentation hin. Das Auftreten von Geröllen im Süden des Beckens könnte auf Festland in dieser Richtung hinweisen, wobei allerdings die Alterseinstufung der Konglomerate nicht sicher ist. Die tektonische Einengung von Süden hat wohl zu einer Hebung und damit zur Bildung einer Steilküste in diesem Bereich geführt.

6. Zusammenfassung

Die gagatführende Serie von Gams (Schönleiten Formation) wurde im vollmarinen Bereich abgelagert. Die Liegendabschnitte entstanden unter lagunären Bedingungen. Die Fauna des Hangendbereichs zeigt dagegen offen marine Bedingungen im Übergangsbereich zum Äußeren Schelf an. Lumachellen und Sandsteinlagen mit Flaser bedding und Lamination sind auf Sturmereignisse zurückzuführen.

Die Anordnung im Aufschluß läßt auf Gagathorizonte innerhalb der Schichtfolge schließen. Der Mechanismus, der aus den Treibhölzern Gagat entstehen ließ, ist noch nicht restlos geklärt. Die für Gagat charakteristischen bituminösen Substanzen können externen (Umgebungsgestein) oder internen Quellen (Harze) entstammen. Möglich erscheint auch ein Einbau bituminöser Stoffe aufgrund mikrobieller Aktivität.

Dank

Diese Studie wurde im Auftrag der Gemeinde Gams durchgeführt. Die Verfasser danken dem Bürgermeister von Gams, Herrn NR.Abg.i.R. Hermann LUSSMANN für diesen Forschungsauftrag und die Genehmigung zur Publikation der Ergebnisse. Besonders hervorgehoben sei sein ständiges Interesse an dieser Arbeit. Unser Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. H.J.MAURITSCH, Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben, für die zur Verfügung gestellten Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung. Herrn Dr. Herbert SUMMESBERGER, Naturhistorisches Museum Wien, sei für die wertvolle Hilfe bei der Vermessung des Profils sehr herzlich gedankt.

7. Literatur

- CLEEVELY, R.J & N.J.MORRIS (1988): Taxonomy and ecology of Cretaceous Cassiopidae (Mesogastropoda). - Bull.Br.Mus.nat.Hist.(Geol.), 44: 233-291, 19 Textfig., London.
- COSSMANN, M. (1903): Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France. - Ass.Fr., Compte rendu, 32 (Angers): 626-639, 2 pl., Paris.
- ESPITALIÉ, J., LAPORTE, J.L., MADEC, M., MARQUIS, F., LEPLAT, P., PAULET, J. & BOUTEFEU, A. (1977): Méthode rapide de caractérisation des roches mères de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution. - Rev. Inst. Fr. Pet., 32, 23-43, Paris.
- FREH, W. (1956): Alte Gagatbergbaue in den Ostalpen. - Min. Mitt. Joanneum, 1956, 1-14., 4 Abb. Graz.

- INTERNATIONAL COMMITTEE FOR COAL AND ORGANIC PETROLOGY (1995): Vitrinite Classification. ICCP System 1994, 24pp., Aachen.
- KOLLMANN, H.A. (1964): Stratigraphie und Tektonik des Gosaubeckens von Gams (Steiermark, Österreich). - *Jb.Geol.B.-A.*, 107, 71-159, Wien.
- KOWALKE, TH. & BANDEL, K. (1996): Systematik und Paläoökologie der Küstenschnecken der nordalpinen Brandenberg-Gosau (Oberconiac/Untersanton) mit einem Vergleich zur Gastropodenfauna des Maastrichts des Treppebeckens (Südpirenen, Spanien). - *Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.*, 36, 15-71. München.
- LITKE, R. (1993): Deposition, diagenesis and weathering of organic matter-rich sediments. - *Lect. Notes in Earth Sciences*, 47, 216 S, Berlin.
- MASTALERZ, M., WILKS, R. & BUSTIN, R.M. (1993): Variation in vitrinite chemistry as a function of associated liptinite content; a microprobe and FT-IR investigation. - *Org. Geochem.*, 20, 555-562, Oxford.
- MAURITSCH, H.J., HOLUB, B.B., BERNHARD, M. & SACHSENHOFER, R.F. (1992): Geophysikalische Gagnetprospektion, Gams/Hieflau. - *Leobener Hefte zur Angewandten Geophysik*, 4, 96-110, Leoben.
- D'ORBIGNY, A. (1842-43): *Paléontologie Française*, Band *Gastéropodes crétacées*. - Paris
- PETERS, C. (1852): Beiträge zur Kenntnis der Lagerungsverhältnisse der oberen Kreideschichten in den Alpen. - *Abh. Geol. R.-A.*, 1/2, 1-20, Wien.
- PETROVA, R., MINCEV, D. & NIKOLOV, Z. (1985): Comparative investigations on gagate and vitrain from the Balkan coal basin. - *Int. J. Coal Geol.*, 5, 275-280, Amsterdam.
- REINECK, H.-E. & I.B.SINGH (1973): *Depositional Sedimentary Environments*. - XVI und 439 Seiten, 579 Textfig. Springer-Verlag, Heidelberg.
- REUSS, A.E. (1853): Kritische Bemerkungen über die von Herrn Zekeli beschriebenen Gastropoden der Gosaugebilde in den Ostalpen. - *Sitzungsber.kais.Akad.Wiss., mathem.-naturw.Kl.*, 11: 882-923, 1 pl., Wien.
- REUSS, A.E. (1854): Beiträge zur Charakteristik der Kreideschichten in den Ostalpen, besonders im Gosauthale und am Wolfgangsee. - *Denkschr. Akad.Wiss.*, 7, 1-148, 31 pl., Wien.
- SACHSENHOFER, R.F. (1987): Fazies und Inkohlung mesozoischer Kohlen der Alpen Ostösterreichs. - *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 80, 1-45, Wien.
- SANDERS, D., KOLLMANN, H.A., WAGREICH, M. (1997): Sequence development and biotic assemblages on an active continental margin: the Turonian-Campanian of the Northern Calcareous Alps, Austria. - *Bull.Soc.géol. France*, 168: 351-372, 9 Textfig., 2 Taf., Paris.
- SCHENK, V. (1969): Zur Gastropodenfauna und Biofazies der mittleren Gosau (O.Kreide) von Brandenberg in Tirol. - *Diss. Univ. München*, 197 pp., 3 pl., München.
- SCHNITZLER, M. & NEYROUD, J.A. (1975): Alkanes and fatty acids in humic substances. - *Fuel*, 54, 17-19, London.

- SCHULTZ, O. & PAUNOVIC, M. (1997): Der Nachweis von *Coelodus* (Osteichthyes, Pycnodontidae) im Turonien (Oberkreide) von Gams bei Hieflau, Steiermark, Österreich, und aus der Oberkreide von Kroatien und Istrien. - *Ann. Naturhistor. Mus. Wien*, 98A, 73-141, Wien.
- SIEGL-FARKÁS, A. & WAGREICH, M. (1996): Correlation of palyno-(spores, pollen, dinoflagellates) and calcareous nannofossil zones in the Late Cretaceous of the Northern Calcareous Alps (Austria) and the Transdanubian Central Range (Hungary). - *Advances in Austrian-Hungarian Joint Geol.Res.*, 127-135, 3 Textfig., Budapest.
- STACH, E., MACKOWSKY, M.-Th., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R. (1982): *Stach's Textbook of Coal Petrology*, 535 S., Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- STOLICZKA, F. (1965): Eine Revision der Gastropoden der Gosauschichten in den Ostalpen. - *Sitzungsber.kais.Akad.Wiss.*, 120 pp., 1 pl., Wien.
- STUR, D. (1871): *Geologie der Steiermark*. XXXI und 654 Seiten. Graz
- SUÁREZ-RUIZ, I., IGLESIAS, M.J., JIMÉNEZ, A., LAGGOUN-DÉFARGE, F. & PRADO, J.G. (1994a): Petrographic and geochemical anomalies detected in Spanish Jurassic Jet. - In: P.K. MUKHOPAHYAY & W.G. DOW (Hrsg.) *Vitrinite Reflectance as a Maturity Parameter. Applications and Limitations*, ACS Symposium Series 570: 76-92, Washington DC.
- SUÁREZ-RUIZ, I., JIMÉNEZ, A., IGLESIAS, M.J., LAGGOUN-DÉFARGE, F. & PRADO, J.G. (1994b): Influence of resinite on huminite properties. - *Energy & Fuels*, 8, 1417-1424, Washington.
- SUMMESBERGER, H. (1997): Siehe SCHULTZ, O. & PAUNOVIC, M.
- VERHEYEN, T.V., JOHNS, R.B. & ESPITALIÉ, J. (1984): An evaluation of Rock-Eval pyrolysis for the study of Australian coals including their kerogen and humic acid fractions. - *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48, 63-70, London.

Anschrift des Verfassers:



Dr. Heinz A. KOLLMANN
 Naturhistorisches Museum
 Geologisch-Paläontologische Abteilung
 Burgring 7, A-1014 Wien



Dr. Reinhard F. SACHSENHOFER
 Montanuniversität Leoben
 Institut für Geowissenschaften
 Franz-Josef-Str.18, A-8700 Leoben