

# Faziesanalyse und Ablagerungsmilieu der fluviatilen Sedimentfüllung des Karbontroges von Salvan-Dorénaz

Autor(en): **Niklaus, Pierre-Alain / Wetzel, Andreas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **89 (1996)**

Heft 1

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-167908>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Faziesanalyse und Ablagerungsmilieu der fluviatilen Sedimentfüllung des Karbontroges von Salvan-Dorénaz

PIERRE-ALAIN NIKLAUS<sup>1</sup> & ANDREAS WETZEL<sup>1</sup>

*Key words:* Strike-slip basin, Carboniferous, Switzerland, basin fill history, fluvial deposits, palaeoflow direction

## ZUSAMMENFASSUNG

Ein wenige Kilometer breiter, NE-SW verlaufender Graben ist zwischen dem Aiguille Rouge Massiv und dem Kristallinmassiv von Arpille auf mehr als 20 km Länge aufgeschlossen; er entstand während des späten Westphalian und des Stefanian und ist mit alluvialen und fluvio-lakustrinen Sedimenten gefüllt. Die Beckenfüllung wurde während der alpinen Orogenese zu einer teilweise kompliziert gebauten Synklinale deformiert. Ihrem sedimentären Charakter nach sind vier fluviatile Systeme zu unterscheiden: Die Basis der Trogfüllung bilden Ablagerungen eines sanddominierten, verzweigten Fluss-Systems, welches gegen SE, also quer zum Graben, entwässerte. Die Sedimentation konnte mit der Subsidenz des Beckens in etwa Schritt halten. Dann nahm die Subsidenz im Becken stark zu, und es etablierte sich ein beckenachiales Entwässerungssystem mit Fließrichtung nach NE. Es ist durch pelitisch dominierte Sedimente eines Flusses mit zunehmend ortsfesten Rinnen (Netzfluss) gekennzeichnet. Von den Grabenrändern her, vor allem aber von NW, bauten sich Alluvialfächer gegen das Beckeninnere vor. Das dritte fluviatile System reflektiert eine Abnahme des beckenachsialen Gefälles im Untersuchungsgebiet bis auf Null: Palustrine Sedimente, distale Alluvialfächersedimente mit Caliche und Tuffe herrschen vor. Das vierte System reflektiert eine Zunahme des beckenachsialen Gefälles und ist als gegen SW entwässerndes, mäandrierendes Fluss-System zu interpretieren. Die Sedimentfüllung des Troges wurde im wesentlichen durch die wechselnde tektonische Aktivität im Graben während des späten Karbons bestimmt, wohingegen klimatische Veränderungen kaum zu erkennen sind.

## ABSTRACT

During the Late Palaeozoic, mainly during the Westphalian and Stephanian a small elongate basin formed between the crystalline massifs of Arpille-Fully and Aiguilles Rouges located south of Lake Geneva. The basin fill was deformed during alpine orogeny and it is now preserved in a syncline; it is a few kilometers wide and about 20 km are exposed along strike. The sediment fill is about 1.7 km thick. Four fluvial accumulation systems were distinguished which very probably respond to intrabasinal tectonic changes: At the base of the basin, sediments of a sand-dominated braided river document a palaeo-flow direction from NW to SE which is perpendicular to present-day basin elongation, probably within a palaeo-valley. At this time basin subsidence and sediment accumulation were nearly in equilibrium. Thereafter, basin subsidence increased and the basin was drained along axis to the NE; muddy sediments were deposited by an anastomosed river with slightly switching fluvial channels. Simultaneously, alluvial fans prograded into the basin, mainly from the NW. The sediments of the following, third fluvial system provide no evidence for a palaeodrainage direction, instead palustrine muds, point to a sero-tilt and very rapid subsidence of the basin floor at this time in the investigation area. Finally, basin gradient increased and sediments of a meandering river display palaeoflow along basin axis to the SW. No indications of climatic changes have been identified.

---

<sup>1</sup> Geologisch-Paläontologisches Institut, Universität Basel, Bernoullistr. 32, CH-4056 Basel

## Einleitung

Im ausgehenden Paläozoikum entwickelte sich am Ende der variszischen Orogenese zwischen Appalachen und Ural eine Mega-Scherzone (Arthaud & Matte 1977) und führte zur Bildung einer Vielzahl von Becken, die – je nach Lage – transpressiven und/oder transtensiven Charakter haben (Ziegler 1990). Dazu gehört auch der in dieser Arbeit näher beschriebene Karbon-Trog von Salvan-Dorénaz, in dem rechtslateral transtensive Bewegungen konstatiert wurden (Pilloud 1991). Er liegt im Wallis etwa 30 km südlich des Genfer Sees (Fig. 1). Dieses Becken streicht NE-SW. Die nordöstliche Fortsetzung des Beckens verschwindet unter der Morcles-Decke (Badoux et al. 1971), nach SW ist eine Fortsetzung bis in die Gegend von Argentière zu beobachten.

Die jungpaläozoische Sedimentfüllung des Beckens ist in die sogenannten Kristallinmassive der Aiguilles Rouges und von Arpille eingesenkt und stellt heute, nach der alpinen Deformation, eine teilweise kompliziert gebaute Synklinale dar (Badoux 1971, Badoux et al. 1971, Pilloud 1991). Der strukturelle Aufbau des Beckens wurde von Pilloud (1991) eingehend analysiert; seine Arbeit war eine wichtige Grundlage für die hier vorgestellten sedimentologischen Untersuchungen.

Die etwa 1700 m mächtige, terrestrische Sedimentfüllung des Troges von Salvan-Dorénaz ist durch das Rhone-Tal nahezu vollständig aufgeschlossen. Der nordöstlich des Rhonetals gelegene Teil dieses Beckens wurde sedimentologisch näher untersucht, um die Sedimentfüllung als Dokument der die Beckenbildung steuernden, tektonischen Prozesse zu verstehen. Fluviale Systeme reagieren sehr sensitiv auf allogene Einflussfaktoren wie tektonische Aktivität oder Klima. Daher können mittels einer Analyse der Fazies, ihrer Vergesellschaftungen und der Strömungsrichtungen Veränderungen des fluvialen Systems erkannt und in Zusammenhang mit allogenen Faktoren gestellt werden.

## Faziesanalyse der Sedimente im Karbontrog von Salvan-Dorénaz

Der auffälligste Fazieswechsel zeigt sich in einem Farbunterschied zwischen roten Sedimentgesteinen, die vor allem im NW und in geringerem Ausmass im SE des Troges auftreten und die gegen das Beckeninnere hin mit grauen bis schwarzen Sedimenten verzahnen (Fig. 2). Dieser Fazieswechsel wurde früher als Grenze Karbon/Perm gedeutet, die alpin dann zu isoklinalen Falten verfaltet wurde (Sublet 1962, Badoux 1971, Badoux et al. 1971). Anhand einer eingehenden, tektonisch-strukturellen Analyse konnte Pilloud (1991) zeigen, dass rote und schwarze Sedimente gleichzeitig abgelagert wurden: Die roten Sedimente stellen Ablagerungen von Alluvialfächern in drainiert-oxidierendem Milieu dar, während die schwarzen Sedimente in der Flussebene unter kaum drainierten und reduzierenden Bedingungen akkumulierten. Dort sind auch Pflanzenfossilien erhalten, die ein spätkarbohes Alter anzeigen (Jongmans 1960). Es ist demnach recht wahrscheinlich, dass keine permischen Sedimente in diesem Becken erhalten sind.

Die fluvialen Sedimente wurden auf folgende Merkmale hin untersucht: Korngrößenverteilungen und Gradierungen, Hierarchie und Grösse der Sedimentstrukturen, Hierarchie und Kontinuität der strukturbegrenzenden Diskontinuitätsflächen. Diese Parameter erlauben beispielsweise nach Miall (1992) Beschreibung und genetische Interpretation fluvialer Sedimente. Strömungsrichtungen wurden an Schrägschichtungsflächen gemessen, die hinsichtlich ihrer Genese eindeutig einzustufen waren, etwa als

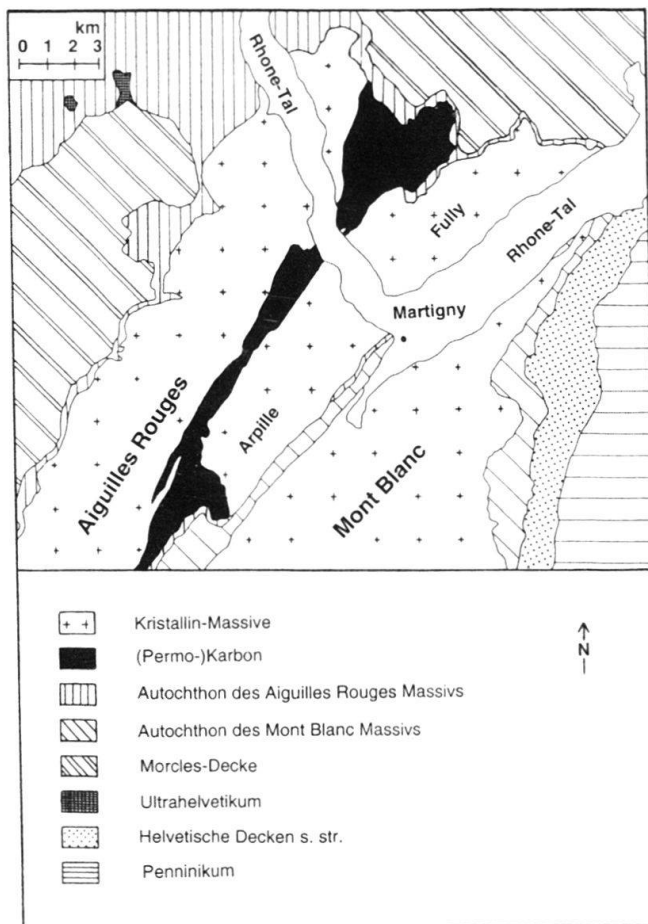


Fig. 1. Geologische Übersichtskarte mit dem NE-SW verlaufenden (Permo-)Karbon-Trog von Salvan-Dorénaz (verändert nach Pilloud 1991). Das Untersuchungsgebiet umfasst den nordöstlich des Rhone-Tales gelegenen Teil.

Rippeln auf Akkretionsflächen von Flussbogenbänken oder Leeblätter von Kiesbarren in Flechtflüssen. Die gemessenen Werte wurden auf ihre ursprüngliche Lage zurückkroftiert.

Im folgenden sind zuerst die Sedimente der Alluvialfächer beschrieben, danach jene der Flussebene.

### *Alluvialfächer*

Vier typische Faziesassoziationen können in den Sedimenten der Alluvialfächer von proximal nach distal unterschieden werden:

1. Rinnenförmige, erosiv ineinander eingeschnittene, mehrere Meter mächtige, meist rot gefärbte, sehr grobkörnige und schlecht sortierte Brekzien bilden kompakte Schichtpakete von mehreren 10er Metern Mächtigkeit.

2. Flach gewölbte, einige Dezimeter bis maximal wenige Meter mächtige, in Schnitten quer zur Strömungsrichtung linsenförmige, in Schnitten parallel dazu subparallele Schichten von Brekzien und Sandsteinen wechsellagern mit ungefähr gleich mächtigen Lagen von sandhaltigen Siltsteinen. Typisch sind starke Korngrößenwechsel in der Vertikalen. Während die grobkörnigen Lagen meist ausgebleicht sind, sind die feinkörnigeren Lagen immer dunkelrot gefärbt. Die grobkörnigen Lagen sind vorwiegend massiv

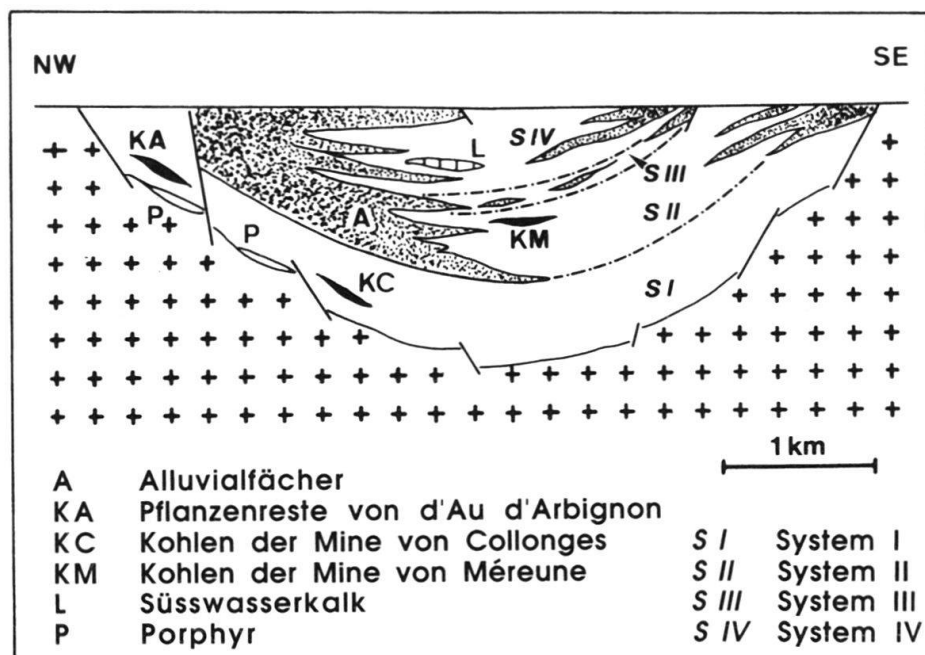


Fig. 2. Schematisches, ausgeglättetes Profil durch den nordöstlichen Teil des Karbon-Trogs von Salvandorénaz zu Beginn der Trias (modifiziert nach Pilloud 1991). Die leichte Verbiegung der prä-triassischen Schichten und die darüber folgende, schwache Erosionsdiskordanz sind auf die saalische Deformationsphase im frühen und die Einebnung im späten Perm zurückzuführen. Die spätpaläozoische Sedimentfüllung wurde in vier Systeme unterteilt, die sich nach vorherrschender Korngrösse, Flusstyp und genereller Entwässerungsrichtung unterscheiden.

oder undeutlich horizontal geschichtet. Schrägschichtung und «fining-upward» treten kaum auf. An der Basis der Sandsteinlagen sind oftmals Lastmarken («load casts») vorhanden, im unterlagernden, pelitischen Sediment kommen immer wieder isolierte «Sandstein-Tropfen» mit Durchmesser bis zu einigen Zentimetern Grösse vor.

3. Flächenhafte, meist massige Tone bis Silte treten bevorzugt in diesem Bereich auf, oft mit Horizonten wechsellagernd, die als Tuffe interpretiert werden: Sie sind meist grünlich, feinkörnig, fein laminiert, nicht durchwurzelt, silikatisch zementiert und zeigen keine Hinweise auf aquatischen Transport. Die Pelite sind meist rot, können aber auch grün sein. Ab und zu sind kleine Sandlinsen in die Pelite eingelagert. Diese zeigen manchmal Rippelschichtung und sind normal gradiert.

4. Flächenhafte, bis zu mehrere Meter mächtige, massige, bläulichgraue Tone mit Kalk-Knollen wechsellagern mit bis zu mehrere Meter mächtigen kalkknollenfreien Tonen und als Tuffe interpretierten Horizonten, die dieselben Merkmale aufweisen wie oben, unter 3., beschrieben. Der Durchmesser der Kalk-Knollen liegt im Bereich von wenigen Millimetern bis zu einigen Zentimetern. Die Kalk-Knollen sind morphologisch sehr variabel; von röhrenförmig, rund bis schichtparallel abgeplattet sind alle Übergänge zu finden. Sie bestehen aus feinkristallinem Kalzit und weisen ansonsten den gleichen Mineralbestand auf wie das kalkknollenfreie, umgebende Gestein. Aufgrund ihrer Morphologie und ihrer Verbreitung werden die Kalkknollen als Caliche-Bildungen interpretiert (cf. Esteban & Klappa 1983).

Die auftretenden Faziesvergesellschaftungen im Alluvialfächer können in folgendem Sedimentationsmodell zusammengefasst werden:

Eine starke, horizontale Korngrößenabnahme von den größten Komponenten (> 10 cm) im proximalen zu fast ausschliesslich pelitischen Sedimenten im distalen Alluvialfächerbereich erfolgt auf nur 1–2 km Distanz. Auch die deutlichen Korngrößenvariationen von Sand- und Kieskörpern zu vorwiegend siltigen Sedimenten im mittleren Fächerbereich zeigen an, dass kein kontinuierlicher Abfluss stattfand, sondern dass die Strömungsenergie stark variierte (cf. Collinson 1986). Daher wird folgendes Sedimentationsmodell angenommen: Im proximalen Bereich des Fächers floss nach episodischen Niederschlägen stark sedimentbeladenes Wasser mit erheblicher Erosionskraft in Kanälen. Nur die größten Gerölle kamen hier zum Absatz. Am Ende dieser Zufuhrkanäle, welches relativ scharf definiert war (Bull 1977), breitete sich das Wasser in sehr flachen, wenig ausgeprägten, vom Stil her <braided river>-ähnlichen Gerinnen schichtförmig aus: Dort nahmen dann Fließgeschwindigkeit und Wassertiefe stark ab, und die grobe Sedimentfracht wurde beinahe schlagartig abgesetzt. Bei kurz nacheinander stattfindenden Ereignissen führte die plötzlich hinzugekommene Auflast auf noch wenig verfestigte Tone und Silte zu einem Einsinken von Sand in die Pelite; Belastungsmarken und Sandtropfen entstanden.

Wie auch bei anderen kegelförmigen Sedimentkörpern lagerten sich dann um die Sandkegel herum feinerkörnige Sedimente ab (cf. Einsele 1992). Die distalsten, anfangs noch wasserreichen Schlammimente fielen bald nach dem Abklingen der Schüttung trocken. Während langer Trockenphasen (cf. Marriott & Wright 1993) bildeten sich aus aufsteigenden CaCO<sub>3</sub>-reichen Porenwässern Kalkkonkretionen, da diese Gebiete etwas oberhalb des Grundwasserspiegels des Flusstales lagen.

Nach einem schnellen Absinken des Sedimentationsbeckens progradierte der Schüttungskegel des Fächers ins Beckeninnere, und es entstanden typische <coarsening-upward>-Folgen von Dutzenden von Metern Mächtigkeit. Sie enden abrupt, weil sich der Akkumulationsschwerpunkt aufgrund des sich verändernden Reliefs schlagartig verlagerte und andere Fächerbereiche aktiviert wurden. Dieser Fächeraufbau ist typisch für Alluvialfächer semiarider Gebiete mit stark episodischer Wasserführung (Bull 1977), bei permanenter Wasserführung würde nämlich bei der grossen Neigung des Alluvialfächers ein <gravelly-braided>-Fluss-System resultieren, das auch im distalen Fächerbereich noch Grobkornablagerungen aufweist (McPherson et al. 1987).

### *Fluviatile Sedimente*

Für die Ablagerungen der Flussebene ist es sinnvoll, eine Unterteilung in vier Abschnitte vorzunehmen, die sich hinsichtlich der Paläofliessrichtung, der vorherrschenden Korngrösse und den auftretenden Faziesassoziationen unterscheiden (Fig. 3):

|             |  |
|-------------|--|
| System I:   | Sanddominierte Serie mit Entwässerung gegen SE         |
| System II:  | Pelitdominierte Serie mit Entwässerung gegen NE        |
| System III: | Pelitische Serie ohne eindeutige Entwässerungsrichtung |
| System IV:  | Sandig-tonige Serie mit Entwässerung gegen SW          |



## System I.

Typisch ist eine Wechsellagerung zwischen Dezimeter bis Meter mächtigen, fast immer planar schräggeschichteten Sandsteinlagen und meist geringmächtigen Konglomeratlagen. Der Kontakt zwischen den einzelnen Lagen ist wenig erosiv. Die schräggeschichteten Lagen zeigen nur eine geringe Variation in der Strömungsrichtung (Fig. 4a). Es sind keine klaren <coarsening-upward>- oder <fining-upward>-Tendenzen entwickelt. Auch wenn Pelite nur in untergeordnetem Mass erhalten sind, ist nicht auszuschliessen, dass höher gelegene Terrassen und grössere Inseln dauerhaft bewachsen waren. So sind im Ort Dorénaz an der Basis einer mehrere Zehner Meter mächtigen Abfolge planar schräggeschichteter Sandsteine Abdrücke von Baumstämmen erkennbar, die mindestens mehrere Dezimeter Durchmesser gehabt haben dürften. Nahe der Trogbasis gibt es auch ein Kohlevorkommen (Mine von Collonges); in der Nähe gefundene Pflanzenreste ergeben ein Alter Stefanian A (Jongmans 1960).

Der Flusstyp, der zu diesen Ablagerungen geführt hat, kann mit dem Modell eines sanddominierten <braided river> beschrieben werden. Ein <braided river> besteht aus einem Geflecht von untiefen Rinnen, die immer wieder, vor allem bei Hochwasser, ihre Position verlagern. Bei Hochwasser wandert die Grobfracht zum Teil mit grosser Geschwindigkeit flussabwärts und baut so in wenig tiefen Flussläufen Barren auf, während in den tieferen Bereichen typische, trogförmig schräggeschichtete Kanalfüllungen abgesetzt werden können. Im Untersuchungsgebiet wurden Ablagerungen der Rinnenfazies, vor allem <channel>-Füllungen und Barren beobachtet.

Die Dominanz planarer und die Seltenheit trogförmiger Schrägschichtung zeigt vermutlich eine Sedimentation in breiten, untiefen Flussrinnen mit nur wenig differenzierter Topografie an, was die Zuordnung zu einem <Platte-type braided-river> (Miall 1978) nahelegt.

Die Paläo-Strömungsrichtungen variieren nur wenig, was ebenfalls für ein <braided river>-System typisch ist. Die Entwässerung des Systems I erfolgte gegen SE.

## System II.

Im Hangenden des Systems I nimmt die Häufigkeit und die Mächtigkeit der pelitischen Ablagerungen deutlich zu: Mehrere 10er Meter mächtige Abfolgen aus reinen Peliten und Peliten mit dünnen, oft gradierten Einschaltungen von Sandsteinen bestimmen die Lithologie, sie machen mehr als  $\frac{3}{4}$  der Sedimente in diesem System aus. Wurzelhorizonte sind recht häufig. Eingeschaltet sind heterogene, sandige Ablagerungen: Oftmals liegen mehrere Einheiten, die <fining-upward> zeigen und etliche Meter mächtig sind, übereinander. Sie zeigen stets eine ähnliche Abfolge: Sie greifen erosiv ineinander, haben an der Basis einen hohen Anteil an Tonklasten, sind weiter oben häufig trogförmig schräggeschichtet und weisen in ihrer oberen, feineren Partie Entwässerungsstrukturen auf. Es treten aber auch planar schräggeschichtete Sandsteinlagen auf. Parallel zur Strömungsrichtung lassen sich diese Sandstein-Einheiten zum Teil relativ weit verfolgen, senkrecht dazu erfolgt der Übergang zu Peliten relativ rasch. Verzahnungen von dunklen Peliten mit rötlichen Sedimenten von Alluvialfächern, die sich vom nordwestlichen und südöstlichen Grabenrand gegen das Beckeninnere vorbauten, treten ebenfalls auf.

Welchem Modell kann nun diese Abfolge zugeordnet werden? Die Sandsteine werden als Rinnenfüllungen interpretiert, deren Mehrstöckigkeit und vertikale Ausdehnung

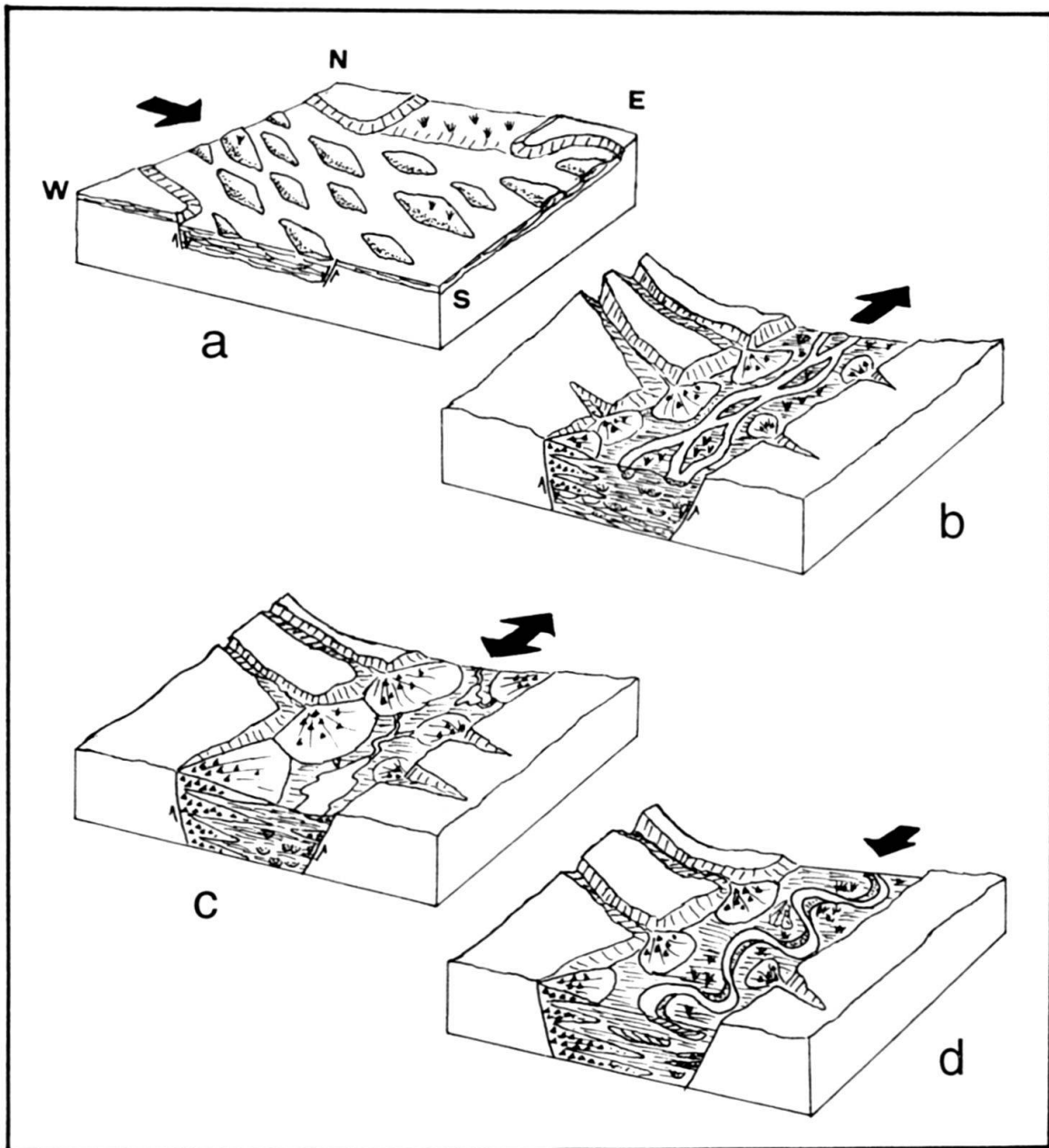


Fig. 3. Schematische Entwicklung der Sedimentfüllung des Karbon-Troges von Salvan-Dorénaz vom spätesten Westfalian bis ins späte (?) Stefanian: a) System I: Während des spätesten Westfalian und frühesten Stefanian lagerte ein quer zum einsinkenden Graben, gegen ein weiter südöstlich gelegenes, heute nicht mehr erhaltenes Depotzentrum fließender «braided river» 300–500 m Sandsteine und Konglomerate ab. b) System II: Die Subsidenz des Grabens beschleunigte sich, es bildete sich ein Relief, von NW und SE her stiessen Alluvialfächer gegen das Beckeninnere vor, der Hauptfluss wurde in eine beckenachbiale Richtung umgelenkt, die Rinnen wurden zunehmend lagekonstant, pelitische Ablagerungen häufiger. c) System III: Das beckenachbiale Gefälle ging auf Null zurück, die Alluvialfächer stiessen weit ins Beckeninnere vor, auf ihren distalsten Teilen bildete sich Caliche. Kurzzeitig existierten Seen, die aber immer wieder von terrigenem Material verfüllt wurden. Tuffe wurden weiträumig abgelagert und kaum erodiert. d) System IV: Das Gebiet maximaler Subsidenz verlagerte sich gegen SW, und das beckenachbiale Gefälle nahm wieder zu, und es etablierte sich ein gegen SW fließender Mäanderfluss.



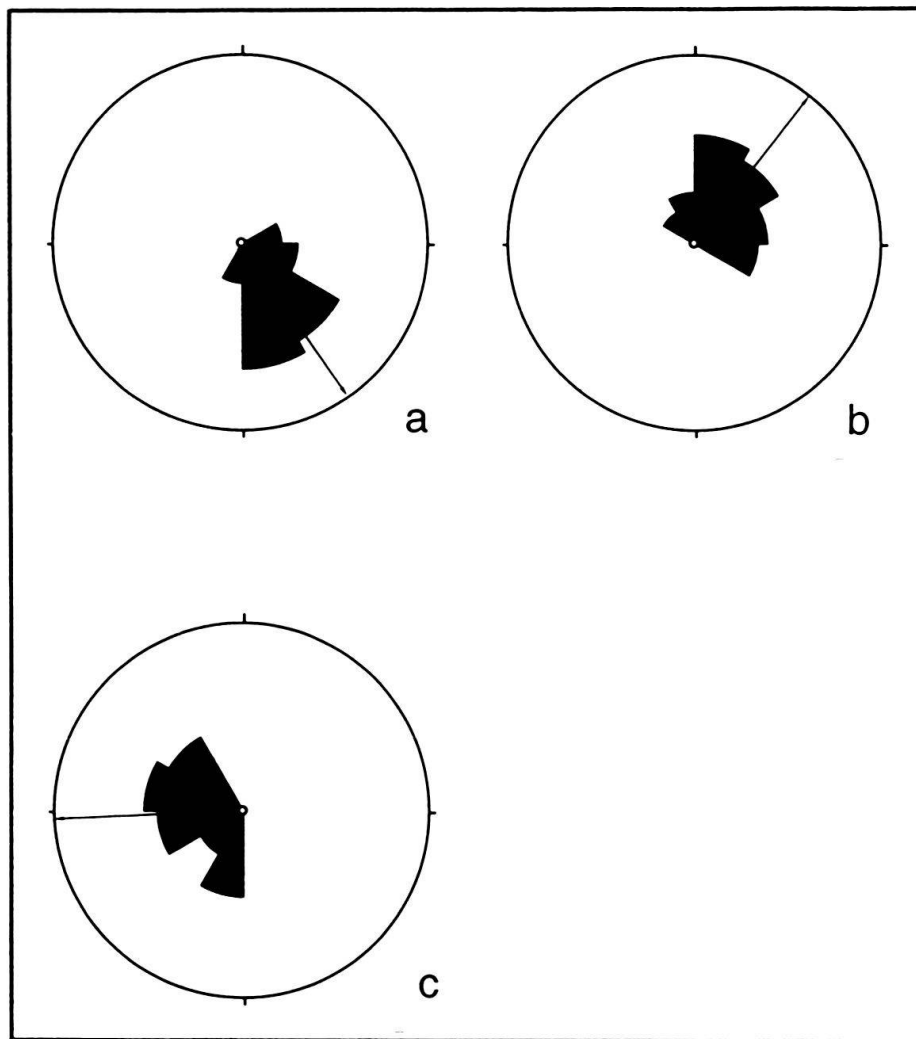


Fig. 4. Strömungsrichtungen, die in den Sedimenten der verschiedenen Systeme dokumentiert sind; a) System I (22 Messungen); b) System II (26 Messungen); c) System IV (14 Messungen).

dafür sprechen, dass die Kanäle eine gewisse Lagekonstanz aufwiesen. Weiterhin schliesst das Fehlen typischer *fining-upward*-Folgen und lateraler Akkretionsflächen ein mäandrierendes Fluss-System aus. Da das Paläogefälle gegen das Hangende abnahm, wie es sich auch aus der stetig abnehmenden Korngrösse ergibt, ist ein mehr oder weniger kontinuierlicher Übergang vom *braided river* des Fluss-Systems I zu einem Netzfluss-System (*anastomosed river*) anzunehmen (Fig. 3b), das sich durch häufige Dammbrüche auszeichnete, die als Sandsteinlagen in Peliten dokumentiert sind. Für solche Fluss-Systeme ist auch der beobachtete, hohe Anteil an pelitischen Sedimenten und die Vielzahl an Wurzelhorizonten typisch (Smith & Smith 1980). Die pflanzlichen Reste, welche zu den Kohlen der Mine von Méreune wurden, sind zur Zeit, als dieses Fluss-System aktiv war, abgelagert worden.

Die Entwässerung des Fluss-Systems II erfolgte beckenachsal gegen NE; die Paläoströmungsrichtungen zeigen eine grössere Variation als im Fluss-System I (Fig. 4b).

### System III.

Typisch für dieses System ist das Vorherrschen von mächtigen Peliten und eingeschalteten, gut sortierten Feinsand-Lagen, während mächtige, strukturell und texturell gradierte Sandstein-Folgen weitgehend fehlen.

Sedimentstrukturen, die eine Analyse der Strömungsrichtung erlauben, sind kaum vorhanden. Auffallend sind meist über weite Strecken verfolgbare Horizonte, die typischerweise grünlich, feinkörnig, oft fein laminiert, nicht durchwurzelt, silikatisch zementiert sind und kaum Hinweise auf aquatischen Transport zeigen. Sie werden als Tuff-Lagen interpretiert. Zudem treten in einem quer durchs Sedimentbecken verfolgbareren, mehrere 10er m mächtigen Horizont immer wieder Kalkkonkretionen auf, die ähnliche Merkmale aufweisen wie jene im Alluvialfächer (s.o.), die als Caliche gedeutet werden. Lateral geht dieser Horizont in die Alluvialfächerfazies über.

Die Pelit-Dominanz, das Auftreten von Kohlen und anderen palustrinen Sedimenten und das Fehlen von mächtigeren, strukturell und texturell gradierten Sandsteinen, die als <channel>-Füllungen zu interpretieren wären, zeigt, dass die Sedimente des Systems III im Untersuchungsgebiet nur bei sehr geringem bis fehlendem Paläogefälle in Richtung der Beckenachse akkumulierten. Die Alluvialfächer stiessen bis weit ins Beckeninnere vor. Auf den distalen Fächerbereichen fielen die Sedimente trocken, und es entwickelten sich Bodenprofile mit Calicheknollen. Die Ausbildung vollständiger Bodenprofile erfordert oft mehr als 10 000 Jahre (Marriot & Wright 1993). Dass so viele Tuffe trotz ihrer geringen Erosionsresistenz in weiten Gebieten erhalten blieben, spricht für die minime Erosionskraft des Flusses und schnelle Subsidenz, zumindest im untersuchten Teil des Beckens (Plint & Browne 1994).

### System IV.

Im Hangenden der dominant auftretenden Pelite und Tuffe des Systems III nimmt die mittlere Korngrösse der Sedimente zu, und die als Tufflagen interpretierten Horizonte treten zurück. Zwei Lithologien bestimmen das Bild: Einerseits Pelite mit eingeschalteten, bis Dezimeter dicken, strukturell und texturell gradierten Sandlagen, andererseits mehrere Meter mächtige, lateral weit verfolgbare Sandsteine mit Sohlpflastern, trogförmiger Schrägschichtung, lateralen Akkretionsflächen und <fining-upward>-Tendenzen. Nur in diesem System ist eine zyklische Abfolge der Sedimente erkennbar: Gegen oben feiner werdende Sandstein-Pakete von jeweils 3–7 m Mächtigkeit werden durch Pelite, die teilweise dünne Sandlagen enthalten, voneinander getrennt. Ein ganzer Zyklus hat im Mittel eine Mächtigkeit von etwa 15 m. Diese typischen Abfolgen werden einmal durch <red bed>-Sedimente und durch Ablagerungen unterbrochen, die als Tuffe und Caliche interpretiert werden und die denen des Systems III ähneln. Dazu treten noch zwei von Pilloud (1991) als Süswasserkalk bezeichnete Lagen.

Die Sedimente des Systems IV wurden vermutlich von einem Mäander-Fluss in einer breiten Überflutungsebene abgelagert (Fig. 3c). In einigen Aufschlüssen ist erkennbar, dass das Sediment senkrecht zur Hauptströmungsrichtung akkumulierte, was typisch für Gleithangfolgen mäandrierender Flüsse ist. Zyklizität und Sohlbankzyklen hingegen sind für sich alleine betrachtet nicht diagnostisch für ein mäandrierendes System: Gewisse <braided river>, etwa der «S. Saskatchewan-Typ» und «Donjek-Typ» (Miall 1978) weisen

ebenfalls diese Merkmale auf. Der hohe Pelitanteil jedoch sowie das Fehlen von longitudinaler Barrenakkumulation schliessen einen solchen Flusstyp klar aus.

Die Paläo-Strömungsrichtungen des Systems IV zeigen Variationen, wie sie für ein nicht allzu stark mäandrierendes System auch zu erwarten wären (Fig. 4c). Sie weisen stets westliche Richtungen auf, allerdings ist die Anzahl der gemessenen Daten recht gering.

### **Zusammenfassung und Diskussion**

Während der heute dokumentierten maximal 10 Millionen Jahre repräsentierenden Sedimentfüllung des Karbon-Trogs von Dorénaz kam es zu zwei fundamentalen Umstellungen des Drainagemusters in diesem Becken:

Die erste Umstellung erfolgte am Anfang des Systems II von einem quer zur Trogachse fliessenden, sand-dominierten, verzweigten Fluss-System (‹braided river›) zu einem beckenachsal nach NE entwässernden System, das sich durch zunehmende Lagekonstanz der Gerinne auszeichnete. Von den Grabenrändern her bauten sich Alluvialfächer gegen das Beckeninnere vor, wobei die Alluvialfächer am nordwestlichen Grabenrand deutlicher hervortraten. Diese Umstellung kann folgendermassen erklärt werden: Der ‹braided river› des Fluss-Systems I floss wohl auf ein weiter im SE liegendes Senkungsgebiet zu, das heute nicht mehr erhalten ist. Dieser Fluss führte so viel Sediment mit, dass der Graben, der quer zur Fliessrichtung einzusinken begann, fortwährend aufgefüllt wurde und kein nennenswertes Relief entstehen konnte. Als die Subsidenz im Graben stark zunahm, entstand ein Relief, das nicht mehr ausgeglichen werden konnte, und es etablierte sich ein Fluss-System mit beckenachsialer Entwässerungsrichtung nach NE. Es entwickelte sich ein fluviatiles System mit relativ lagekonstanten Gerinnen (‹anastomosed river›), wie es für schnell subsidierende, intern in ein Schollenmosaik gegliederte, intramontane Tröge typisch zu sein scheint (Smith & Putnam 1980) und auch für Nordschweizer Permo-Karbon-Trog postuliert wird (Matter 1987). Dabei reagierte das fluviatile System sofort auf die schnelle Subsidenz, während das neu geschaffene Relief am Beckenrand (Alluvialfächer) zeitverzögert abgetragen wurde (Blair & Bilodeau 1988).

Die zweite Umstellung erfolgte durch die Umkehr der achsialen Strömungsrichtung von NE zu achsialer Entwässerung gegen SW und als Konsequenz daraus dem Durchlaufen einer Episode, in der keine eindeutige Entwässerungsrichtung festgestellt werden kann. Auch während dieser ‹Nullphase› scheint die Anlieferung von terrigenem (Fein-) Sediment so gross gewesen zu sein, dass Seen – wegen des fehlenden beckenachsialen Gefälles zu erwarten – fortwährend aufgefüllt wurden. Die Koinzidenz von ‹Null-Phase› mit erhöhter, schneller Subsidenz und der Ablagerung pelitisch dominierter Sedimente ist auch aus anderen Becken bekannt (Plint & Browne 1994) und wird damit erklärt, dass durch die unterschiedlich starke Subsidenz einzelner Schollen in einem Becken das Gefälle gebietsweise drastisch abnahm und ‹Sedimentfallen› angelegt wurden. Der sich nachher etablierende Mäanderfluss verbunden mit einer Korngrössenzunahme war eine Folge des wieder zunehmenden grabeninternen Gefälles. Diese Entwicklung scheint daraus resultiert zu haben, dass sich das Gebiet maximaler Subsidenz von einer NE des Untersuchungsgebietes gelegenen Position zu einer SW davon gelegenen verlagerte. Allerdings kann aufgrund der geringen Grösse des Untersuchungsgebietes bis jetzt nicht gesagt werden, ob die Umkehr der Strömungsrichtung auf kurzfristige, eher lokale Subsidi-

denz zurückgeht (cf. Plint & Browne 1994) oder aber mit einer überregionalen Änderung der Paläo-Morphologie zusammenhängt: Auch Schäfer (1986) konstatiert eine Umkehr der Strömungsrichtung im Saar-Nahe-Becken, die auf grossräumige Veränderungen zurückgeht, und Leeder (1988) zeigt, dass es am Ende des Karbons zu einer grossräumigen Umstellung der Entwässerungssysteme in Europa kam. Zudem erschwert die noch nicht genügend exakte stratigraphische Einstufung der Serien im Untersuchungsgebiet, wie auch in anderen, etwa gleich alten Becken, diese Fragen aus einer Synopse heraus zu klären. Sie sind Gegenstand weiterer Untersuchungen.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- ARTHAUD F. & MATTE P.H. 1977: Late Paleozoic strike-slip faulting in southern Europe and northern Africa. *Bull. geol. Soc. Amer.* 88, 1305–1320.
- BADOUX H. 1971: Tectonique de la nappe de Morcles entre Rhone et Lizerne. *Beitr. geol. Karte Schweiz N.F.* 143.
- BADOUX H., BURRI M., GABUS J.H., KRUMMENACHER D., LOUP G. & SUBLET P. 1971: Geologischer Atlas der Schweiz Blatt 58 Dent de Morcles. Schweiz. Geol. Komm., Bern.
- BLAIR T.C. & BILODEAU W.L. 1988: Development of tectonic cyclothems in rift, pull-apart, and foreland basins: sedimentary response to episodic tectonism. *Geology* 16, 517–520.
- BULL W.B. 1977: The alluvial fan environments. *Progr. phys. Geogr.* 1, 222–270.
- COLLINSON J.D. 1986: Alluvial sediments. In: *Sedimentary Facies and Environments* (2nd ed.). (Ed. by READING H.R.). Blackwell, Oxford, 20–62.
- EINSELE G. 1992: *Sedimentary Basins*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- ESTEBAN, M. & KLAPPA, C.F. 1983: Subaerial exposure environment. In: *Carbonate Depositional Environments*. (Ed. by SCHOLLE P.A., BEBOUT D.G. & MOORE C.H.). *Mem. amer. Assoc. Petroleum. Geol.* 33, 1–95.
- HOUTEN F.B. VAN 1973: Origin of red beds. *Annu. Rev. Earth planet. Sci.* 1, 39–61.
- JONGMANS W.J. 1960: Die Karbonflora der Schweiz (mit einem Beitrag von E. Ritter, Geologische Übersicht über die Karbonvorkommen der Schweiz). *Beitr. geol. Karte Schweiz* 108.
- LEEDER M.R. 1988: Devonian-Carboniferous river systems and sediment dispersal from the orogenic belts and cratons of NW Europe. In: *The Caledonian-Appalachian Orogen*. (Ed. by HARRIS A.L. & FETTES D.J.). *Spec. Publ. geol. Soc. London* 38, 549–558.
- MARRIOTT S.B. & WRIGHT V.P. 1993: Paleosols as indicators of geomorphic stability in two Old Red Sandstone alluvial sites, South Wales. *J. geol. Soc. (London)* 150, 1109–1120.
- MATTER A. 1987: Faziesanalyse und Ablagerungsmilieus des Permokarbons im Nordschweizer Trog. *Ecl. geol. Helv.* 80, 345–367.
- MCPHERSON J.G., SHANMUGAN G. & MOIOLA R.J. 1987: Fan-deltas and braid deltas: varieties of coarse-grained deltas. *Bull. geol. Soc. Amer.* 99, 331–340.
- MIALL A. 1978: Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: *Fluvial Sedimentology*. (Ed. by MIALL A.). *Mem. Canad. Soc. Petroleum Geol.* 5, 597–604.
- 1992: Alluvial deposits. In: *Facies Models, a Response to Sea Level Change*. (Ed. by WALKER R.G. & JAMES N.P.), 119–142.
- PILLOUD C. 1991: Structures de déformation alpines dans le synclinal de Permo-Carbonifère de Salvan-Dorénaz (massif des Aiguilles Rouge, Valais). *Mém. Géol. (Lausanne)* 9.
- PLINT A.G. & BROWNE G.H. 1994: Tectonic event stratigraphy in a fluvio-lacustrine, strike-slip setting: the Boss Point Formation (Westphalian A), Cumberland Basin, Maritime Canada. *J. sediment. Res. B* 64, 341–364.
- SCHÄFER A. 1986: Die Sedimente des Oberkarbons und Unterrotliegenden im Saar-Nahe-Becken. *Mainzer geowiss. Mitt.* 15, 239–365.
- SMITH D.G. & SMITH N.D. 1980: Sedimentation in anastomosed river systems: examples from alluvial valleys near Banff, Alberta. *J. sediment. Petrol.* 50, 157–164.
- SUBLET P. 1962: Etude géologique du synclinal carbonifère de Collonges-Dorénaz (Valais). *Ecl. geol. Helv.* 38, 23–76.

Manuskript eingegangen 31. März 1995

Revidierte Fassung angenommen 11. Juli 1995

