Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 62 (1969)

Heft: 1

Artikel: Mineralogisch-Sedimentpetrographische Untersuchungen an den Flussbettsanden im Einzugsbereich des Alpenrheins

Autor: Hahn, Christoph

Kapitel: Karbonanteil der Sedimente

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163700

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Der Ersatz von Si durch Al in tetraedrischer Position und von Mg durch Fe in oktaedrischer Umgebung beeinflusst d-Werte und Intensitäten, so dass die ungefähre chemische Zusammensetzung angegeben werden kann. Der Ersatz von Si durch Al in Orthochloriten steht in direktem Zusammenhang mit den basalen Abständen. Aus den zusammenfassenden Untersuchungen von BRINDLEY (1961) ergibt sich die lineare Beziehung

$$d(001) = 14{,}55 - 0{,}29\ x$$

zwischen d(001) und dem Ersatz von Si durch Al in der vereinfachten Formel

$$(Mg_{6-x-y}Fe_yAl_x)\,(Si_{4-x}Al_x)\,O_{10}\,(OH)_8\,.$$

Die aus den eigenen Röntgenaufnahmen ermittelten d(001)-Werte ergeben bei Anwendung dieser Beziehung von BRINDLEY Werte für x zwischen 0,8 und 1,6.

Der b_0-Parameter der Chlorite wird direkt aus d(060) errechnet. Dieser ist, wie aus verschiedenen Arbeiten hervorgeht, vom Ersatz der Mg-Ionen durch Fe abhängig. SHIROZOU (1958) gibt zwischen dem b_0-Parameter und dem Fe-Gehalt folgende lineare Beziehung an:

$$b_0 = 9{,}21 + 0{,}037\ y$$

Die auf Grund der eigenen Röntgenaufnahmen errechneten b_0-Parameter zeigen Fe-Gehalte von y = 0,1–1,8 an.

Nach der Chloritklassifikation von HEY (1954) entsprechen den aufgefundenen Werten von x und y Chlorite der Klinochlor–Grochauit-Reihe und der Pyknochlorit–Rhipidolith-Reihe.

Auf Grund der Röntgenaufnahme der Tonfraktion von Probe 119 (Nolla) konnte ein weiteres Schichtsilikat der Natriumglimmer Paragonit nachgewiesen werden (HAHN, 1968).

Ergebnisse

In den röntgenographisch untersuchten Tonfraktionen fanden sich detritische Chlorite und glimmerähnliche Tonminerale.

Bei den Chloriten treten vorwiegend die gesteinsbildenden Arten der Mg-Chlorite und der Mg-Fe(II)-Chlorite auf. Die glimmerähnlichen Tone setzen sich aus dioktaedrischem Muskovit–Illit und trioktaedrischem Biotit-Ledikit zusammen.

Das vorliegende Tonmineralspektrum ist charakteristisch für metamorphe alpine Gesteine.

KARBONATANTEIL DER SEDIMENTE

Methodik

Der Gesamtkarbonatgehalt der Sedimente wurde mit einem Gerät nach SCHEIBLER aus der volumetrisch gemessenen CO_2-Menge bestimmt (vgl. G. MÜLLER, 1964b).

Das Verhältnis von Calcit zu Dolomit wurde röntgenographisch mit einem registrierenden Zählrohrgoniometer nach der Methode von WEBER and SMITH (1961) gemessen. Diese Methode beruht auf der Messung der relativen Intensitäten der stärksten Reflexe von Calcit und Dolomit. Mit 60prozentiger Wahrscheinlichkeit beträgt

Fig. 6 Karbonatgehalte der Einzelproben.

der Fehler $\pm 1{,}06$ Gew. % Dolomit. Zur Kontrolle der Ergebnisse wurde in einigen Proben der Ca- und der Mg-Gehalt mit einem Perkin Elmer 303 Atomic Absorption Spectrophotometer bestimmt.

Ergebnisse

Karbonatminerale

Bei der röntgenographischen Identifizierung der einzelnen Karbonatminerale konnte nur Calcit und Dolomit festgestellt werden.

Da zwischen der Lage der jeweils stärksten Reflexe von Calcit und Dolomit und dem Magnesiumeinbau eine enge Beziehung besteht (GOLDSMITH, GRAF and JOENSUU, 1955), wurde zur Ermittlung des Chemismus die genaue Lage der (104)-Reflexe bestimmt.

Es zeigte sich, dass die in den Flussanden auftretenden Calcite und Dolomite im wesentlichen stöchiometrisch zusammengesetzt sind. Hieraus folgt, dass die anstehenden alpinen Kalke und Dolomite im Einzugsbereich des Alpenrheins in ihrer Mehrheit ebenfalls stöchiometrische Zusammensetzung aufweisen.

Beziehungen zwischen Korngrösse und Karbonatgehalt

Ein Vergleich zwischen Korngrössenanalysen und Karbonatanalysen lässt erkennen, in welchem Masse die Karbonatgehalte von der Korngrössenverteilung beeinflusst werden. Dabei ergab sich, dass quantitative Veränderungen in den Karbonatgehalten durch Korngrössenunterschiede auftreten. Sie sind aber meist gering. Da die vorliegenden Proben meistens Gemische von Sedimenten verschiedener Herkunft sind, deren Mischungsgrad nicht abgeschätzt werden kann, sind generelle Aussagen über den Grad der Veränderungen kaum möglich.

Regionale Verteilung der Karbonate

In Fig. 6 ist die Karbonatverteilung der Flussande im Einzugsbereich des Alpenrheins dargestellt. Der maximale Karbonatgehalt beträgt 97,3 Gew. % (Probe 55), höchster Dolomitgehalt ist 71,0 Gew. % (Probe 32), maximaler Calcitanteil 86,7 Gew. % (Probe 55). Andererseits sind etliche Proben völlig karbonatfrei.

In Fig. 6 lassen sich beträchtliche regionale Differenzen im Ca/Do-Verhältnis und in der Gesamtkarbonatführung erkennen. Auf Grund dieser regionalen Unterschiede ist es möglich, die Sedimente des Stromgebietes in vier distributive Provinzen zu gliedern. Fig. 7 gibt einen Überblick über Lage und Abgrenzung der einzelnen Provinzen. Im folgenden sind die verschiedenen Provinzen kurz beschrieben.

Provinz I

Der Karbonatanteil der Flussbettsande dieser Provinz ist gering, er liegt immer unter 5 Gew. %. Es tritt meist nur Calcit auf. Vielfach sind die Proben völlig karbonatfrei.

Gesteine im Anstehenden sind die meist kalkfreien bis kalkarmen sauren bis basischen Eruptiva und deren metamorphe Derivate sowie Paragneise, Paraschiefer und

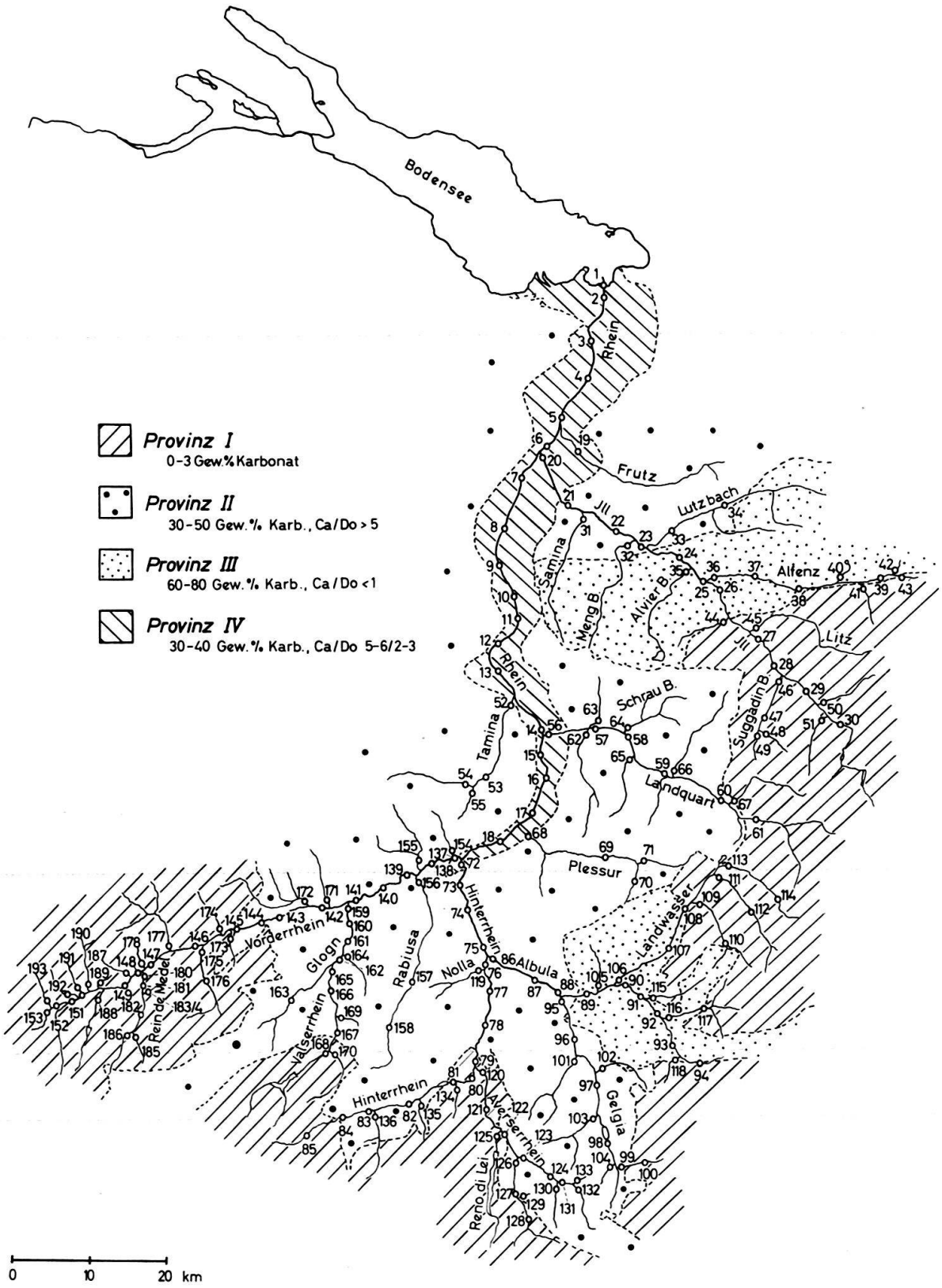

Fig. 7 Karbonatprovinzen.

Amphibolite sedimentären Ursprungs. Diese kalkarmen Gesteine bilden im wesentlichen die Umrandung des Einzugsgebietes im Westen, Süden und Osten.

Proben dieser Art wurden dem oberen Vorderrhein und seinen Zuflüssen, dem oberen Valserrhein, dem oberen Hinterrhein, dem Averserrhein, dem oberen Landwasser und der Landquart und der oberen Ill entnommen. Liefergesteine dieser Flüsse sind die kristallinen Serien der Zentralmassive und die kristallinen Deckenkerne der penninischen und der ostalpinen Decken.

Provinz II

Die Sedimente dieser distributiven Provinz zeichnen sich durch hohe Karbonatgehalte aus. Es tritt überwiegend Calcit auf, gelegentlich auch wenig Dolomit. Der mittlere Calcitgehalt beträgt 30–50 Gew. %, der Dolomitgehalt ist immer weniger als 5 Gew. %.

Im Anstehenden dieser Provinz finden sich die sedimentären, mesozoischen bis tertiären Gesteine der helvetischen und der penninischen Zone. Die mesozoisch-tertiäre Sedimentation zeichnet sich überwiegend durch mächtige jurassische und kretazische Ablagerungen vorwiegend detritisch-kalkiger Natur aus.

Flüsse, deren Material aus diesen Gebieten stammt, sind der untere Vorderrhein, Glogn, unterer Valserrhein, Rabiusa, oberer Averserrhein, unterer Hinterrhein, Nolla, untere Albula, Gelgia, Plessur, Landquart, Tamina und Frutz.

Provinz III

In dieser Provinz treten in den Flussbettsanden sowohl hohe Calcit- als auch Dolomitgehalte auf. Meist überwiegt der Dolomit. Der mittlere Calcitgehalt beträgt 10–30 Gew. %, der durchschnittliche Dolomitanteil liegt zwischen 40–70 Gew. %.

Flussande dieser Karbonatprovinz treten in den Gebieten der ostalpinen Decken auf. Die Hüllen der unter-, mittel- und oberostalpinen Decken bestehen aus mächtigen mesozoischen, vorwiegend triasischen Ablagerungen, die mit ihren Dolomit- und Kalkmassen dem mediterranen Faziesgebiet angehören.

Flüsse in diesen Gebieten sind Albula, Landwasser, obere Plessur und die Ill mit ihren Zuflüssen.

Provinz IV

Nach dem Zusammenfluss von Vorderrhein und Hinterrhein bei Reichenau verläuft der Rhein in seinem alluvialen Talboden, der Provinz IV bildet. Sie ist eine Mischprovinz der anderen Provinzen. In Fig. 8 ist die Karbonatführung des Rheins flussabwärts aufgetragen. Daraus lässt sich die Karbonatführung dieser Provinz ersehen.

Der Rhein zeigt auf seiner ganzen Länge fast konstante Gesamtkarbonatführung, im Mittel etwa 35–40 Gew. %. Das unterschiedliche Ca/Do-Verhältnis berechtigt zu einer Einteilung des Rheins in zwei Zonen. Im Oberlauf enthalten die Rheinsedimente 5–6 Gew. % Dolomit und 30–33 Gew. % Calcit. Für das Ca/Dolomit-Verhältnis ergibt sich ein Wert von 5–6. Die Zuflüsse Plessur, Landquart und Tamina sind bei Gesamtkarbonatgehalten von 40–50 Gew. % und Dolomitanteilen von weniger als 10 Gew. % ohne sichtbaren Einfluss auf die Karbonatführung des Rheins (siehe Fig. 8:

die Tamina führt zum Beispiel Flussbettsande mit etwa 34 Gew. % Calcit und 4 Gew. % Dolomit). Die Rheinproben 16 und 11 weisen korngrössenbedingt etwas höhere Gesamtkarbonatgehalte auf.

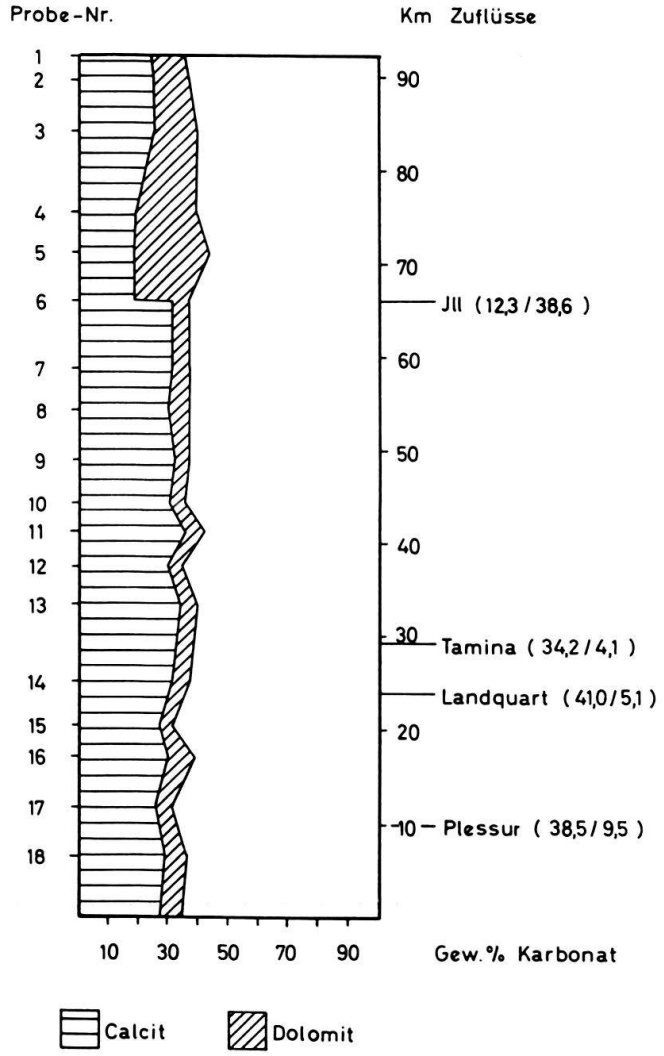

Fig. 8 Karbonatführung des Rheins.

Nach Einmündung der Ill verschiebt sich das Ca/Do-Verhältnis in den Rheinsedimenten auf etwa 2, bei gleichem Gesamtkarbonatanteil wie im Oberlauf. Die Ill führt im wesentlichen Sedimente der Provinz III. Für die Proben der Ill unmittelbar vor der Mündung ergab sich ein Gesamtkarbonatanteil von etwa 50 Gew. % bei einem Ca/Do-Verhältnis von etwa 0,3. Aus den für den Unterlauf des Rheins typischen Proben errechnen sich ein mittlerer Gesamtkarbonatwert von 39,9 Gew. % und ein Dolomitanteil von 12,9 Gew. %.

Den Bodensee erreichen Flussbettsande mit 35–40 Gew. % Gesamtkarbonatanteil bei einem Ca/Do-Verhältnis von 2–3.

Wie weiter aus Fig. 8 ersichtlich ist, ist der Einfluss der Ill auf den Rhein unmittelbar nach dem Zusammenfluss am grössten. Rheinabwärts lässt dieser nach, was am sinkenden Dolomitanteil zu ersehen ist. Sinngemäss trifft dies auch für alle anderen Zuflüsse zu.

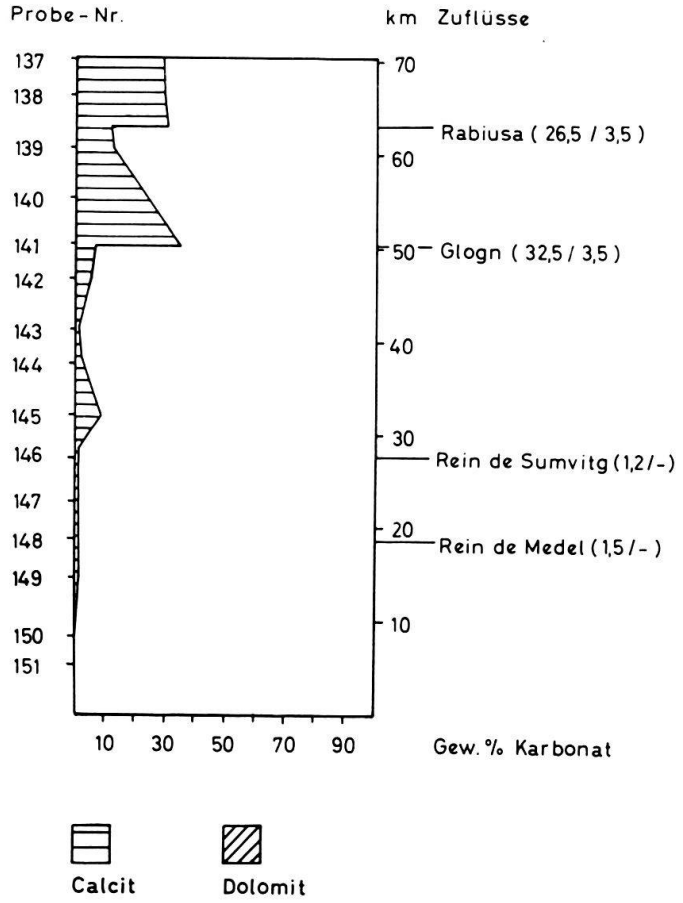

Fig. 9 Karbonatführung des Vorderrheins.

Karbonatführung wichtiger Zuflüsse

In einigen Figuren sind die Karbonatführungen von Vorderrhein, Hinterrhein und Ill flussabwärts aufgezeichnet. Diese grossen Zuflüsse sind die wichtigsten Sedimentlieferanten des Rheins.

Fig. 9 zeigt die Karbonatführung des Vorderrheins. Dieser führt in seinem Oberlauf bis zum Zufluss des Glogn Sedimente mit sehr geringem Karbonatanteil. Im Unterlauf nach dem Zufluss des Glogn treten Karbonatgehalte um 30 Gew. % auf, die flussabwärts rasch abnehmen. Durch den Zufluss der Rabiusa treten dann erneut höhere Karbonatanteile von 20–30 Gew. % auf. Im Vorderrhein konnte röntgenographisch kein Dolomit nachgewiesen werden, wohl aber in den Sanden von Glogn und Rabiusa. Wie spektrometrische Untersuchungen ergaben, enthalten Proben des unte-

ren Vorderrheins nur etwa 1–2 Gew. % Dolomit bei 25–30 Gew. % Calcit. Der Dolomitgehalt des Rheinoberlaufes dürfte also im wesentlichen vom Hinterrhein angeliefert werden.

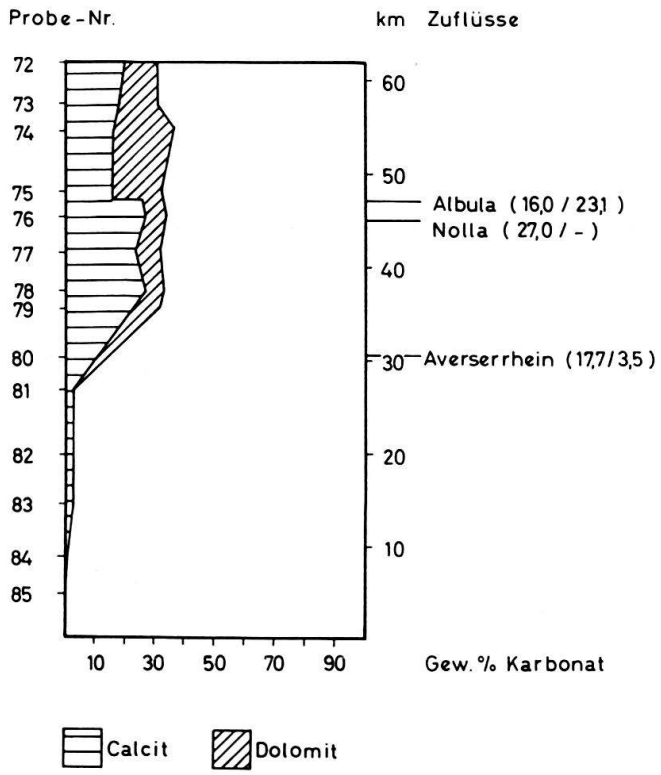

Fig. 10 Karbonatführung des Hinterrheins.

Der Hinterrhein (Fig. 10) führt im Oberlauf Flussande mit niedrigen Karbonatanteilen. Flussabwärts erfolgt dann eine Zunahme auf 30–40 Gew. %, besonders nach Einmündung des Averserrheins. Das Ca/Do-Verhältnis beträgt in diesem Abschnitt etwa 3. Im Unterlauf nach Zufluss der Albula ändert sich bei gleichbleibendem Gesamtkarbonatanteil (30–40 Gew. %) das Ca/Do-Verhältnis auf etwa 1,0. Beim Zusammenfluss mit dem Vorderrhein enthalten Hinterrheinsedimente 30–35 Gew. % Gesamtkarbonat bei einem Ca/Do-Verhältnis von 1–2. Probe 74 weist korngrössenbedingt einen etwas höheren Karbonatgehalt auf. Der Dolomitanteil des oberen Rheins wird hauptsächlich durch die Albula via Hinterrhein zugeführt.

Der bedeutendste Zufluss des unteren Rheins, die Ill in Vorarlberg, führt in seinem Oberlauf fast karbonatfreie Flussbettsande (Fig. 11). Sie durchfliesst dort die kristallinen Serien der oberostalpinen Silvrettadecke. Im Unterlauf dagegen treten karbonatreiche Sedimente auf mit Gehalten zwischen 50–60 Gew. % bei einem Ca/Do-Verhältnis von 0,3–0,4. Verantwortlich für den hohen Karbonatanteil sind die Zuflüsse der Ill und hier ganz besonders die Alfenz.

Die Karbonatführung weiterer Zuflüsse lässt sich aus den Daten der Originalarbeit ersehen.

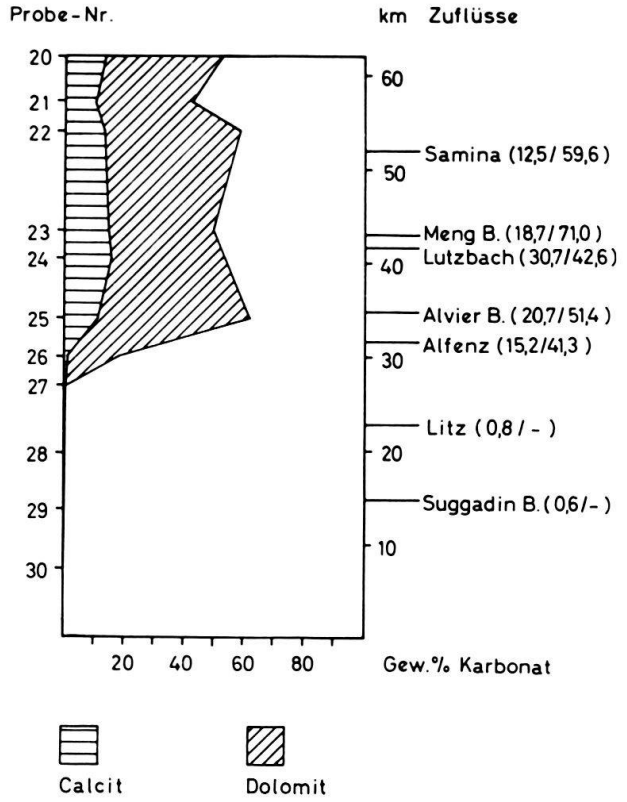

Fig. 11 Karbonatführung der Ill.

SILIKATISCHER LEICHTMINERALANTEIL DER SEDIMENTE

Qualitative Untersuchungen

Von zahlreichen Proben wurden mit einem Zählrohrgoniometer der Firma Philips Übersichtsaufnahmen hergestellt. Als Hauptbestandteile erwiesen sich – bei örtlich stark wechselnden Anteilen – Quarz, verschiedene Plagioklase und Kalifeldspate, die Glimmerminerale der Muskovit- und der Biotitgruppe und die Orthochlorite. Örtlich tritt in grösseren Mengen Serpentin auf.

Auf Grund der Angaben von SMITH and GAY (1958) liessen sich bei den Plagioklasen saure bis intermediäre Glieder der Mischkristallreihe ermitteln. Unter den Orthochloriten fanden sich die gesteinsbildenden Mg-Chlorite der Klinochlor–Grochauit-Reihe und die Mg-Fe(II)-Chlorite der Pyknochlorit–Rhipidolith-Reihe.

Nach den bekannten lichtoptischen Methoden wurde an etlichen Streupräparaten im Korngrössenbereich 0,06–0,32 mm der obengenannten Leichtmineralbestand bestätigt.

Quantitative Phasenanalysen

Die Quarz-, Plagioklas- und Kalifeldspatgehalte von sechs wichtigen Proben wurden röntgenographisch nach der Methode von von ENGELHARDT und HAUSSÜHL (1960) bestimmt. Aufnahmetechnik und Auswertungsverfahren entsprachen den Angaben