

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 9 (1929)

Heft: 2

Artikel: Sedimentpetrographische Untersuchungen an alpinen Flussanden. I,
Die Sande des Tessin

Autor: Burri, Conrad

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-10748>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

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

Sedimentpetrographische Untersuchungen an alpinen Flussanden

I. Die Sande des Tessin

Von *Conrad Burri*

Inhalt

| | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A. Einleitung | 205 |
| B. Allgemeines | 207 |
| 1. Topographie des Flusslaufes | 207 |
| 2. Hydrographische Daten über den Tessin und seine Nebenflüsse | 209 |
| 3. Die Probeentnahme | 210 |
| C. Mechanische Analyse der Flussande | 211 |
| 1. Gang der Untersuchung | 211 |
| 2. Die mechanische Konstitution der Tessinsande und ihre Beziehungen zur Topographie des Flusslaufes | 214 |
| D. Mineralogische Analyse der Flussande | 221 |
| 1. Gang der Untersuchung | 221 |
| 2. Der Mineralbestand | 222 |
| 3. Einige quantitative Daten über den Mineralbestand | 229 |
| 4. Verteilung der verschiedenen Mineralarten auf die einzelnen Körnerklassen | 231 |
| 5. Form der Sandkörner | 233 |
| 6. Versuch der Herkunftsbestimmung der einzelnen Mineralarten | 235 |
| E. Vergleich der Mineralführung der untersuchten Tessinsande mit solchen aus der Gegend von Pavia | 237 |
| F. Verzeichnis der benützten Literatur | 239 |
| 9 Textfiguren. | |

A. Einleitung

Wie in den meisten andern Ländern wandte auch die petrographische Forschung in der Schweiz bis heute ihr Interesse hauptsächlich den eruptiven und metamorphen Gesteinen zu. Die Vernachlässigung der petrographischen Untersuchung der sedimentären Ablagerungen, welche doch einen viel grösseren Anteil am Aufbau unseres Landes haben als die kristallinen Bildungen, lässt sich je-

doch in keiner Weise rechtfertigen, und es ist zu hoffen, dass das Versäumte bald nachgeholt sein werde, zumal heute die Untersuchungsmethoden gegen früher wesentlich verbessert sind. Unter den grossen sedimentpetrographischen Problemen der Schweiz stehen diejenigen im Vordergrund, die sich auf die Bildungen des Alpenvorlandes, auf den Flysch und die Molasse beziehen. Diese Probleme sind jedoch sehr komplexer Art, da bei ihrem Studium auch die mit der Sedimentation im alpinen Vorlande gleichzeitigen orogenen Vorgänge im Einzugsgebiet betrachtet und parallelisiert werden müssen. Ausserdem sind die in Betracht fallenden Gebiete von bedeutender Ausdehnung. Es mag daher als angezeigt erscheinen, als Vorarbeit eine einfachere, aber mit dem Hauptproblem verwandte Aufgabe in Angriff zu nehmen, nämlich das Studium der recenten Ablagerungen der alpinen Flüsse. Da sich der Materialtransport bei der Molassebildung und bei den heutigen alpinen Flüssen über annähernd gleiche Distanzen abgespielt hat, so dürfen wohl vielfache Analogien und Vergleichspunkte erwartet werden, die sich später einmal für das Studium der Molasse mit Vorteil verwenden lassen werden, wenn auch hinsichtlich Gefälle, Materialmenge usw. mannigfache Unterschiede vorhanden sein mögen. Besonders in Bezug auf Mineralführung (z. B. welche Mineralien sich überhaupt finden, wie sie sich auf dem Transport verhalten, welche ihn überstehen, welche nicht, was für Veränderungen auftreten usw.) dürften sich wichtige Vergleichspunkte ergeben.

Aber auch in Bezug auf die mechanische Zusammensetzung der Sande und Sandsteine (d. h. den gewichtsprozentischen Anteil, den die verschiedenen Körnerklassen daran nehmen), sowie über die Beziehungen der Korngrösse und ihrer Änderungen zu Transportrichtung und Transportdistanz, Gefällsänderungen und Zuflüssen darf Aufschluss erwartet werden.

Es sollen daher in einer Reihe von Arbeiten, deren erste die vorliegende bildet, die recenten Ablagerungen der alpinen Flüsse näher studiert werden. Unter diesen Ablagerungen sollen hinwiederum in erster Linie die Sande berücksichtigt werden, da sie in Bezug auf Mineralführung mehr Probleme bieten, als die gröbern, polymineralischen Gerölle und Blöcke, deren Herkunft sich sehr oft bei genauerer petrographischer Untersuchung leicht ergründen lässt und bei deren Studium über das Verhalten der einzelnen Mineralien wenig zu erfahren ist. Auch für die Behandlung der Fragen, welche mit der mechanischen Konstitution zusammenhängen, sind die Sande bedeutend dankbarere Objekte als die groben Geschiebe,

da sich für diese wegen ihrer Grösse genauere quantitative Angaben nur schwierig gewinnen lassen, während bei den Sanden dies durch die Methoden des Siebens und Schlämmens sehr leicht und genau zu bewerkstelligen ist. Die Sande bieten schliesslich auch darum vermehrtes Interesse, weil sich bei ihnen viele charakteristische Mineralien (die sog. „schweren Mineralien“), die im Muttergestein nur in sehr geringen Mengen vorhanden sind und die der Beachtung darum leicht entgehen, anreichern und so studiert werden können.

Als erstes Untersuchungsobjekt sollen der Tessin (Ticino) und seine Sande gewählt werden, als Beispiel eines Flusses, in dessen Einzugsgebiet zur Hauptsache metamorphe Gesteine anstehen. Studien über andere Flüsse sollen folgen, darum soll auch mit allgemeinen Schlussfolgerungen noch zugewartet werden, bis vermehrtes Material vorliegt.

Die Anregungen zu diesen Untersuchungen erhielt ich von Herrn Prof. Niggli, dem ich an dieser Stelle dafür, wie auch für das der Arbeit stets entgegengebrachte Interesse danken möchte.

B. Allgemeines

1. Topographie des Flusslaufes

Der Tessin durchfliesst den südlich der Alpen gelegenen, seinen Namen tragenden Kanton der Länge nach in grossem Bogen (Fig. 1). Sein Tal ändert in seinem Verlaufe mehrfach den Namen. Von den Quellen bis Airolo (Engpass von Stalvedro) erstreckt sich die Val Bedretto, bis Biasca heisst das Tal Leventina, und von dort bis zur Mündung der aus der Val Mesocco (Misox) stammenden Moesa trägt es den Namen Riviera. Darauf folgt die Talebene von Bellinzona, die im Pian di Magadino bis zum Lago Maggiore (Verbano) reicht. Von den Quellen am Nufenenpass bis zur Mündung in den Lago Maggiore beträgt die Gesamtlänge des Flusslaufes ungefähr 90 km, das mittlere Gefäll 2.95 %. Sehr charakteristisch sind für das Tessintal die Talstufen, denen zufolge das Einzelgefälle des Flusses stark wechselt. Für einige natürliche Laufstrecken ergeben sich folgende Gefälle:

| | | |
|-----------------------------------------|------|---|
| Nufenenpass—Mündung Val Prosa | 17.0 | % |
| Mündung Val Prosa—Mündung Val Tremola | 5.28 | % |
| Mündung Val Tremola—Mündung Val Canaria | 3.8 | % |
| Mündung Val Canaria—Dazio Grande | 1.53 | % |

| | |
|---------------------------------------------------|--------|
| Dazio Grande—Mte. Piottino | 8.76 ‰ |
| Mte. Piottino—Faido | 3.2 ‰ |
| Faido—Lavorgo | 1.87 ‰ |
| Lavorgo—Mündung des Ticinetto (Biaschinaschlucht) | 4.6 ‰ |
| Mündung des Ticinetto—Mündung des Brenno (Biasca) | 1.73 ‰ |
| Mündung des Brenno—Bellinzona | .318 ‰ |
| Bellinzona—Mündung in den Lago Maggiore | .253 ‰ |



Der Tessin und seine Nebenflüsse

○ Entnahme von Sandproben

Masstab:

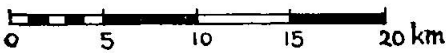
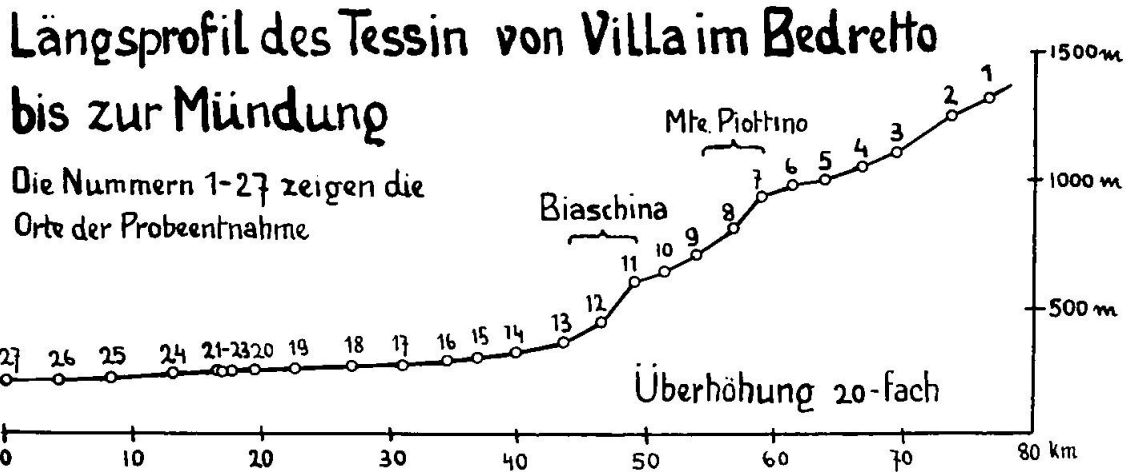


Fig. 1

Ein genaues Profil des Tessin mit seinen sämtlichen Nebenflüssen im Masstab 1:100 000 für die Längen und 1:7500 für die Höhen befindet sich auf Tafel 19 in Lit. 14. Ein Profil des Tessintales allein gibt Fig. 2. In der Tabelle, wie auch im Profil treten deutlich die beiden grossen Talstufen des Dazio Grande-Mte. Piottino und der Biaschinaschlucht hervor, welche für das Tessintal ganz besonders charakteristisch sind. Beide werden von der Gotthard-

bahn mit Kehrtunneln überwunden. Unterhalb der Talstufe der Biaschina beginnt der eigentliche Unterlauf des Tessin, wo sich der Fluss nicht mehr einschneidet, sondern die Talsohle immer mehr auffüllt.

Von den Nebenflüssen sind nur die wichtigsten auf der Kartenskizze Fig. 1 mit Namen erwähnt.



2. Hydrographische Daten über den Tessin und seine Nebenflüsse

Sobald einmal durch Untersuchungen wie die vorliegende ein grösseres Material vorhanden ist, wird man versuchen müssen, die Ergebnisse mit den hydrographischen Verhältnissen der betreffenden Flüsse in Parallele zu setzen. Daher sollen untenstehend einige Daten für das Flusssystem des Tessin gegeben werden. Sie entstammen alle den Veröffentlichungen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft (Lit. 14).

Detailliertere Angaben, besonders die Flächeninhalte der Einzugsgebiete für sukzessive Höhenstufen von 300 zu 300 Metern, sind in Lit. 15 zu finden.

Tessin:

| | | |
|-----------------------------------------------|---------|-------------------|
| Einzugsgebiet des Tessin bis zum Brenno exkl. | 445.31 | km ² |
| „ „ Tessin bis zum Brenno inkl. | 849.01 | „ |
| „ „ Tessin bis zur Moesa exkl. | 1008.55 | „ |
| „ „ Tessin bis zur Moesa inkl. | 1485.10 | „ |
| „ „ Tessin bis Bellinzona | 1514.89 | „ |
| „ „ Tessin bis Lago Maggiore | 1616.21 | „ |
| (davon Firn und Gletscher | 26.22 | km ²) |

Nebenflüsse des Tessin:

| | | |
|-------------------------------------------|--------|-----------------|
| Einzugsgebiet des Lago Ritom bis Piora | 23.18 | km ² |
| „ der Piumogna bis Dalpe | 20.15 | „ |
| „ des Brenno bis zur Mündung | 403.70 | „ |
| „ der Moesa bis zur Calancasca | 270.30 | „ |
| „ der Calancasca bis zur Moesa | 141.65 | „ |
| „ der Moesa bis zur Mündung in den Tessin | 476.55 | „ |

Über die jährlichen Abflussmengen seien kurz folgende Angaben gemacht (in m³ pro Sekunde).

Tessin:

| Station Rodi (Dazio Grande) | 1909 | 1910 | 1911 | 1912 | 1913 | Mittel |
|--------------------------------|------|------|--------|-------|-------|---------------------------|
| Mittel | 14.2 | 14.3 | 12.7 | 12.8 | 12.8 | 13.4 m ³ /sec. |
| Abs. Maxima | 62.2 | 90.9 | 94.7 | 83.6 | 84.5 | — |
| Abs. Minima | 6.0 | 5.7 | 4.6 | 4.9 | 4.3 | 5.1 |
| Station Bellinzona | | | | | | |
| Mittel | | | 73.1 | 74.0 | 69.0 | 72.2 |
| Abs. Maxima | | | 1131.4 | 825.8 | 440.0 | — |
| Abs. Minima | | | 19.7 | 25.3 | 16.1 | 20.4 |

Weitere Angaben, besonders über die Abflussmengen pro km² des Einzugsgebietes, sowie Angaben über die Nebenflüsse finden sich in Lit. 14 und im jährlich erscheinenden „Hydrographischen Jahrbuch der Schweiz“.

3. Die Probeentnahme

Längs des ganzen Flusslaufes von Villa im Bedretto bis zur Mündung in den Lago Maggiore wurden meist in Abständen von 3—4 km Sandproben genommen. Die Probeentnahme geschah so, dass möglichst homogen aussehende Sandbänke oder Sandanschwemmungen am Flussrand oder auf Inseln ausgesucht wurden. Der Sand wurde zusammengeschaufelt und eine Durchschnittsprobe von ca. 1½ kg zur Untersuchung mitgenommen. Im ganzen wurden 27 Proben gesammelt. Wo der Abstand kleiner als 3 km gewählt wurde, geschah dies aus mineralogischen Gründen.

Die Orte der Probeentnahme wurden auf der Karte 1:50 000 eingezeichnet (vergl. die stark verkleinerte Skizze von Fig. 1). Das Verzeichnis der ungefähren Meereshöhen und der jeweiligen Abstände voneinander möge hier folgen (vergl. Fig. 2):

Verzeichnis der Orte der Probeentnahmen:

| No. | Ort | Höhe ü. M. | Ungef. Entfernung |
|-----|-------------------------------------------------|------------|-------------------|
| 1. | Brücke vor Villa | 1310 | 3. km |
| 2. | Fontana | 1250 | 4.5 " |
| 3. | 100 m oberhalb Stalvedrobrücke | 1110 | 2.5 " |
| 4. | 200 m oberhalb Ponte Sordo | 1050 | 3. " |
| 5. | Gegenüber Station Ambri-Piotta | 990 | 2.5 " |
| 6. | 200 m oberhalb Brücke nach Varenzo | 965 | 2.5 " |
| 7. | Linkes Ufer gegenüber Station Rodi-Fiesso | 940 | 2. " |
| 8. | Unterer Teil der Piottinoschlucht | 810 | 3. " |
| 9. | 200 m unterhalb Brücke bei Faido | 705 | 3. " |
| 10. | Unterhalb Chiggiogna | 640 | 3. " |
| 11. | Brücke unterhalb Lavorgo | 600 | 2.5 " |
| 12. | 50 m unterhalb Eisenbahnbrücke ob Giornico | 430 | 3. " |
| 13. | Eisenbahnbrücke unterhalb Giornico | 365 | 3.5 " |
| 14. | 50 m unterhalb Brücke bei Bodio | 320 | 3. " |
| 15. | Sandbank im Fluss gegenüber Kirche von Pollegio | 295 | 3. " |
| 16. | Rechtes Ufer unterhalb Biasca | 290 | 2.5 " |
| 17. | Rodaglio | 275 | 3.5 " |
| 18. | Vor Cresciano | 260 | 4. " |
| 19. | Brücke bei Claro | 250 | 4.5 " |
| 20. | Gnosca | 245 | 3. " |
| 21. | Schräg gegenüber Moesamündung | 239 | 2. " |
| 22. | Mündung der Traversagna | 237 | 1. " |
| 23. | Mündung des Gordunobaches | 237 | 3.5 " |
| 24. | 100 m unterhalb Brücke bei Bellinzona | 222 | 4. " |
| 25. | Pian di Magadino, gegenüber S. Antonio | 215 | 4. " |
| 26. | Pian di Magadino, gegenüber Cugnasco | 203 | 4. " |
| 27. | Tessinmündung, Ende des linken Dammes | 197 | 4. " |

C. Mechanische Analyse der Flussande

1. Gang der Untersuchung

Bei der Untersuchung von losen Trümmersedimenten aller Art, besonders von Sanden, spielt die Feststellung der mechanischen Zusammensetzung, d. h. der Korngrösse und des prozentualen Anteils der einzelnen Körnerklassen eine grosse Rolle. Zweckmässig einigt man sich dabei auf ein gewisses Schema für die Abgrenzung der einzelnen Klassen. Im folgenden ist ein Schema angenommen,

das sich in der englischen Literatur oft findet und das z. B. auch von BOSWELL (Lit. 3, 4) immer gebraucht wurde. Ganz ähnliche Vorschläge wurden vom U. S. Bureau of Soils in Vorschlag gebracht. Die folgende Tabelle orientiert darüber. In Klammern sind die englischen Bezeichnungen, von denen sich das Symbol ableitet, beigefügt.

| Symbol | Bezeichnung | Grenzen der Korngrösse k |
|--------|-------------------------------------|------------------------------|
| G | Kies (Gravel) | $k > 2 \text{ mm}$ |
| VCS | sehr grober Sand (Very Coarse Sand) | $2 > k > 1 \text{ mm}$ |
| CS | grober Sand (Coarse Sand) | $1 > k > 0.5 \text{ mm}$ |
| MS | mittlerer Sand (Medium Sand) | $0.5 > k > 0.25 \text{ mm}$ |
| FS | feiner Sand (Fine Sand) | $0.25 > k > 0.10 \text{ mm}$ |
| SFS | Staubsand (Superfine Sand) | $0.10 > k > 0.05 \text{ mm}$ |
| s | Schlamm (silt) | $0.05 > k > 0.01 \text{ mm}$ |
| c | Ton (clay) | $0.01 > k$ |

Die Untersuchung erfolgte derart, dass für die gröbern Körnerklassen G bis MS die Methode des Siebens angewandt wurde, während das feinere Material, das das 0.25 mm-Sieb passierte, mittels Schlämmens weiter nach Korngrösse getrennt wurde. Zur Verwendung gelangte immer lufttrockenes Material, das so erhalten wurde, dass die Proben zuerst im Trockenschrank bei 110° getrocknet und dann in Papierdüten mehrere Wochen lang bei Zimmertemperatur stehen gelassen wurden. Zum Sieben wurden jeweils 100 g verwendet und die einzelnen Fraktionen auf 0.1 g genau gewogen. Verwandt wurde ein Satz von kupfernen Sieben mit gestanzten Rundlöchern von 2, 1, 0.5 und 0.25 mm Durchmesser. Von dem Material, das das feinste Sieb passierte, wurden 20 g zur Schlämmanalyse in einem dreiteiligen Kopetzky-Schlammapparat verwendet, der die Trennung in die Körnerklassen FS, SFS und s bewerkstelligte, während die (maximal nur zu 1.7 % vorhandene) Körnerklasse c, die durch den Auslauf abfloss, aus der Differenz bestimmt und für die mineralogische Untersuchung vernachlässigt wurde. Die Resultate der Schlämmanalyse wurden auf die ursprüngliche Probe von 100 g verrechnet. Die Gesamtergebnisse der mechanischen Analyse für die 27 Proben finden sich auf der folgenden Seite tabellarisch zusammengestellt. Obwohl die Tabelle schon allerlei Gesetzmässigkeiten zeigt (wie z. B. das sehr starke Zurücktreten der Körnerklassen G und c und für die meisten Fälle auch von VCS und s, und im Gegensatz dazu, das mit wenigen Ausnahmen sehr starke Dominieren von FS), so lassen sich doch die Verhältnisse an Hand graphischer Darstellungen leichter über-

Zusammenstellung der Resultate der mechanischen Analyse für die 27 untersuchten Sandproben

| No. der Probe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Korngrösse k (in mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G k > 2 | 2.7 | 0.1 | 1.7 | 0.1 | 0.1 | — | — | 0.7 | 0.7 | — | 1.3 | 4.7 | 0.6 | 1.2 | — | — | — | — | — | — | 0.1 | — | 1.4 | 0.4 | — | — | — |
| VCS 2 > k > 1 | 12.0 | 1.8 | 10.7 | 3.0 | 1.6 | 1.1 | 2.9 | 10.4 | 5.2 | 2.6 | 4.8 | 16.1 | 9.0 | 5.2 | 1.2 | 0.5 | 1.4 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 2.0 | 2.5 | 1.8 | 0.4 | 1.1 | 0.2 | 0.1 |
| CS 1 > k > 0.5 | 21.7 | 3.6 | 19.2 | 10.6 | 0.8 | 7.5 | 11.2 | 30.3 | 16.1 | 9.7 | 15.2 | 24.2 | 27.2 | 15.9 | 4.7 | 2.7 | 13.7 | 3.8 | 3.4 | 1.8 | 12.5 | 15.9 | 6.3 | 2.5 | 2.2 | 2.7 | 0.9 |
| MS 0.5 > k > 0.25 | 14.8 | 6.6 | 2.2 | 11.7 | 8.4 | 6.6 | 8.8 | 20.2 | 8.4 | 7.8 | 7.9 | 11.4 | 9.3 | 8.6 | 4.2 | 3.2 | 11.8 | 3.8 | 3.5 | 2.5 | 11.6 | 14.0 | 9.7 | 3.5 | 2.7 | 4.2 | 1.9 |
| FS 0.25 > k > 0.10 | 39.1 | 60.0 | 61.0 | 69.6 | 69.4 | 79.8 | 70.3 | 37.6 | 61.1 | 73.9 | 67.2 | 36.8 | 50.0 | 59.9 | 81.7 | 80.7 | 63.9 | 63.6 | 63.0 | 84.3 | 53.7 | 66.9 | 76.8 | 79.7 | 66.5 | 84.8 | 62.9 |
| SFS 0.10 > k > 0.05 | 7.5 | 24.6 | 4.1 | 3.2 | 15.6 | 3.1 | 5.6 | 0.5 | 7.6 | 5.0 | 2.8 | 6.1 | 3.3 | 7.8 | 7.4 | 11.7 | 8.5 | 25.0 | 27.8 | 9.4 | 17.7 | 0.5 | 3.1 | 12.3 | 24.6 | 7.3 | 29.0 |
| s 0.05 > k > 0.01 | 0.3 | 2.6 | 0.3 | 0.4 | 2.1 | 0.4 | 0.6 | Sp. | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 1.5 | 1.4 | 0.6 | 0.9 | 0.1 | 0.4 | 0.5 | 1.6 | 0.6 | 3.3 |
| c 0.01 > k | 1.5 | 0.5 | 0.7 | 1.1 | 1.7 | 1.4 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | — | 0.4 | 0.2 | 0.8 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 1.5 | 0.3 | 1.1 | 1.2 | — | 0.2 | 0.7 | 1.1 | 0.1 | 1.7 |
| Summe | 99.6 | 99.8 | 99.9 | 99.7 | 99.7 | 99.9 | 99.8 | 99.6 | 99.8 | 99.8 | 99.6 | 99.9 | 99.7 | 99.8 | 100.0 | 99.8 | 100.0 | 99.7 | 99.8 | 99.9 | 99.7 | 99.9 | 99.7 | 100.0 | 99.8 | 99.9 | 99.8 |

blicken. Da in den Arbeiten dieser Serie von solchen Darstellungen in ausgedehnter Weise Gebrauch gemacht werden soll, so mögen hier die gebräuchlichsten derselben kurz erläutert werden.

2. Die mechanische Konstitution der Tessinsande und ihre Beziehungen zur Topographie des Flusslaufes

Die einfachste Art der Darstellung ist die, bei welcher der prozentische Anteil der einzelnen Körnerklassen durch nebeneinandergestellte Streifen, deren Längen zusammen die Summe 100 ausmachen, versinnbildlicht wird. Eine solche Darstellung gibt rasche Auskunft über den Anteil der einzelnen Körnerklassen am mechanischen Aufbau eines Sediments, insbesondere ob eine gewisse Körnerklasse stark dominiert oder zurücktritt. Konstruiert man derartige Diagramme für die 27 untersuchten Sandproben, so erkennt man, dass sie zur Hauptsache zwei verschiedenen Typen angehören, für die Fig. 3 einige Beispiele gibt. Beim ersten Typus sind auch die Klassen mit $k > 0.25$ in erheblichem Masse am Aufbau des Sandes beteiligt, obwohl schon hier die Klasse FS leicht dominiert. Diesem Typus gehören die Proben 1, 3, 8, 12, 13, 14, 21, 22, in etwas geringerem Masse auch 4, 9, 11 an. Fig. 3 zeigt als Beispiele No. 1, 8, 12 und von den mehr eine Zwischenstellung einnehmenden No. 4 und 9 die letztere. Der zweite Typus ist durch das Vorwiegen der Körnerklassen mit $k < 0.25$, besonders durch das starke Dominiere der Klasse FS, deren Anteil bis auf 84.8 % steigen kann, ausgezeichnet. In diese Kategorie fallen die Proben 2, 5, 6, 7, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 27. Fig. 3 zeigt davon 15, 20, 26 als Beispiele. Bei einigen Proben tritt das Überwiegen von FS etwas zurück, jedoch nicht zugunsten der gröbern Körnerklassen, sondern zugunsten der feinem (No. 2, 18, 19, 25, 27). Als Beispiel hierfür ist No. 27 in Fig. 3 dargestellt.

Charakteristisch scheint für die Diagramme des ersten Typus das Vorhandensein von zwei Maxima zu sein (z. B. bei No. 1, 8, 9, 12, um nur die abgebildeten Beispiele zu nennen). Man könnte versucht sein, diese Besonderheit als Anzeichen für die Zufuhr neuen, grobkörnigen, noch nicht weit transportierten Materials anzusehen, da als Erfahrungstatsache angesehen werden darf, dass ein Sand bei längerem Transport in seiner mechanischen Zusammensetzung auf eine Korngrößenverteilung mit einem ausgesprochenen Maximum hintendiert, wenn nicht etwa ganz extreme Unterschiede in den Kohäsionsverhältnissen der einzelnen Komponenten existieren.

Dem scheint aber nicht so zu sein, indem das zweite Maximum, das immer von der Körnerklasse CS gebildet wird, auch dort auftritt, wo eine Verschiebung nach gröbern Körnerklassen eintritt, ohne dass neues Material zugeführt wurde. Der Grund scheint vielmehr darin zu liegen, dass die Klasse CS ($1 > k > 1/2$ mm) einem viel grösseren Korngrößenintervall entspricht als die folgende MS ($1/2 > k > 1/4$ mm), so dass die Existenz des zweiten Maximums nur eine scheinbare ist und in der hier angewandten Einteilung der Körnerklassen liegt.

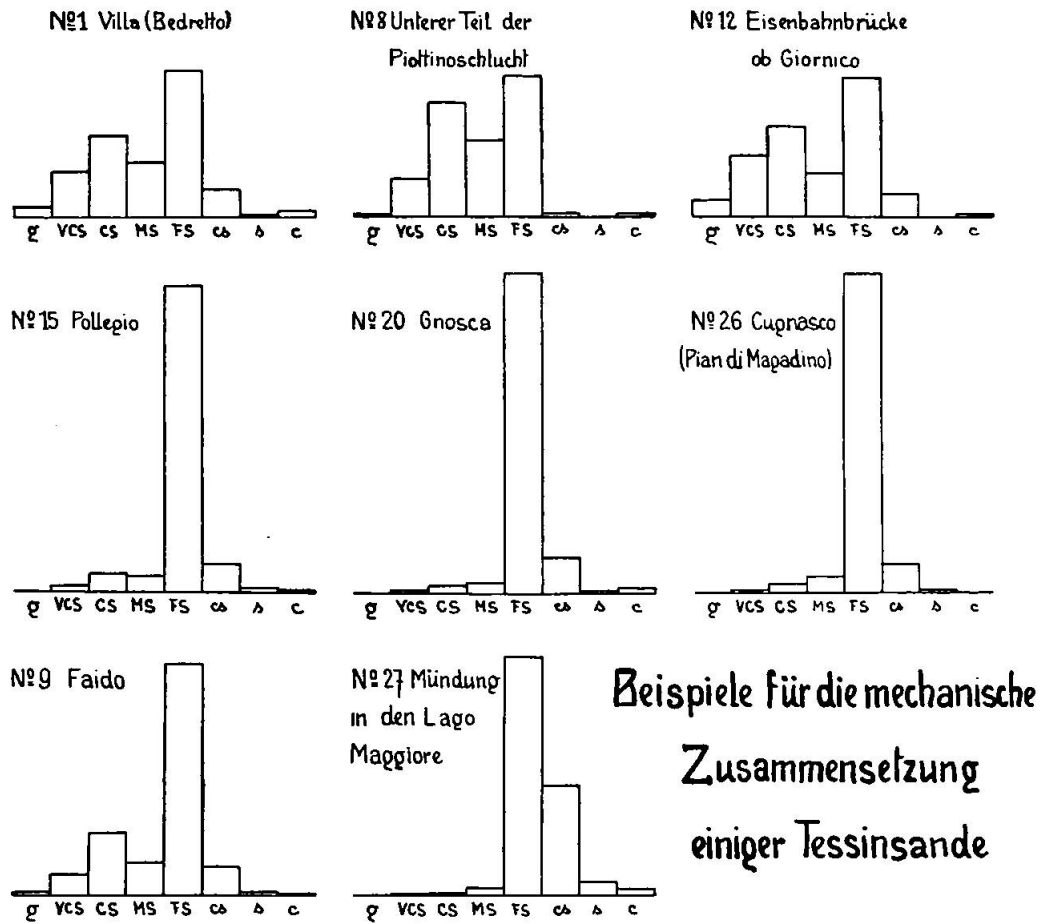


Fig. 3

**Beispiele für die mechanische
Zusammensetzung
einiger Tessinsande**

Am meisten im Gebrauch ist heutzutage eine andere Darstellung, die den kumulativen Prozentgehalt der einzelnen Körnerklassen in einem rechtwinkligen Koordinatensystem dem Körnerdurchmesser gegenüberstellt. Falls es sich, wie hier, um einen relativ ausgedehnten Variationsbereich der Korngrösse handelt, kann zweckmässigerweise der Logarithmus der Korngrösse aufgetragen werden. Von derartigen Diagrammen hat z. B. BOSWELL in seinen Abhandlungen über Glas- und Formsande ausgiebig Gebrauch gemacht

(Lit. 3, 4). Am Beispiel der Sande No. 11 von der Brücke unterhalb Lavorgo und No. 26 von Cugnasco sei das Verfahren kurz erläutert, da es bis jetzt in der deutschsprachigen Literatur über Sedimentpetrographie wenig Eingang gefunden hat (Fig. 4). Als Abszissen figurieren die Logarithmen der Korndurchmesser. In der Zeichnung sind jedoch diese selbst hingeschrieben, worauf bei etwaigen Interpolationen zu achten ist. Als Ordinaten dienen die gewichtsprozentischen Mengen aller Körnerklassen mit grösserem Durchmesser als der betreffende Abszissenwert.

Sand No. 11 z. B. hat nach der weiter oben mitgeteilten Tabelle folgende mechanische Zusammensetzung:

| G | VCS | CS | MS | FS | SFS | s | c |
|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|---|
| 1.3 | 4.8 | 15.2 | 7.9 | 67.2 | 2.8 | 0.4 | — |

Es wird also abgetragen: über der Abszisse 2 der Wert 1.3 (denn 1.3 % des Sandes haben Korndurchmesser $k > 2$ mm), über der Abszisse 1 der Ordinatenwert $1.3 + 4.8 = 6.1$ (denn 6.1 % des Sandes haben Korndurchmesser $k > 1$ mm), über der Abszisse 0.5 der Ordinatenwert $1.3 + 4.8 + 15.2 = 21.3$ usw. Indem man alle so erhaltenen Punkte verbindet, erhält man Kurve A in Fig. 4, die durch ihren Verlauf über den Anteil der verschiedenen Körnerklassen am mechanischen Aufbau des Sandes Auskunft gibt. Analogerweise erhält man für Sand No. 26 aus dem Pian di Magadino Kurve B usw. Die beiden extremen möglichen Fälle für die mechanische Konstitution eines Sandes, nämlich dass der Sand „ideal“ konstituiert ist, d. h. nur aus einer Korngrösse besteht, oder dass eine oder mehrere Körnerklassen vollständig fehlen, wirken sich in der graphischen Darstellung so aus, dass sich die Kurve im ersten Fall zu einer der Ordinate parallelen Gerade spezialisiert, die die Abszisse bei dem bestimmten Korngrössenwert trifft, oder dass die Kurve für bestimmte Korngrössenbereiche horizontal verläuft. Auf Fig. 4 angewandt, ersieht man sofort, dass Sand No. 26 dem „idealen“ Sand bedeutend näher kommt als No. 11. In der Tat fallen für No. 26 volle 84.8% auf die Körnerklasse FS, bei No. 11 hingegen nur 67.2 %.

Konstruiert man die Diagramme in der angegebenen Art für alle 27 Sandproben, so sieht man, dass sie zwar einander ziemlich ähnlich sind, dass sich aber doch wieder zwei Typen auseinandertreten lassen. Diese unterscheiden sich wie oben zur Hauptsache durch die mehr oder weniger starke Beteiligung der grösseren Körnerklassen G, VCS, CS, event. auch noch MS. Die beiden Kurventypen nehmen die in Fig. 5 durch besondere Schraffur auseinandergehal-

tenen Felder ein. Innerhalb dieser Felder fallen die einzelnen Kurven zu stark zusammen, um einzeln nebeneinander zur Darstellung ge-

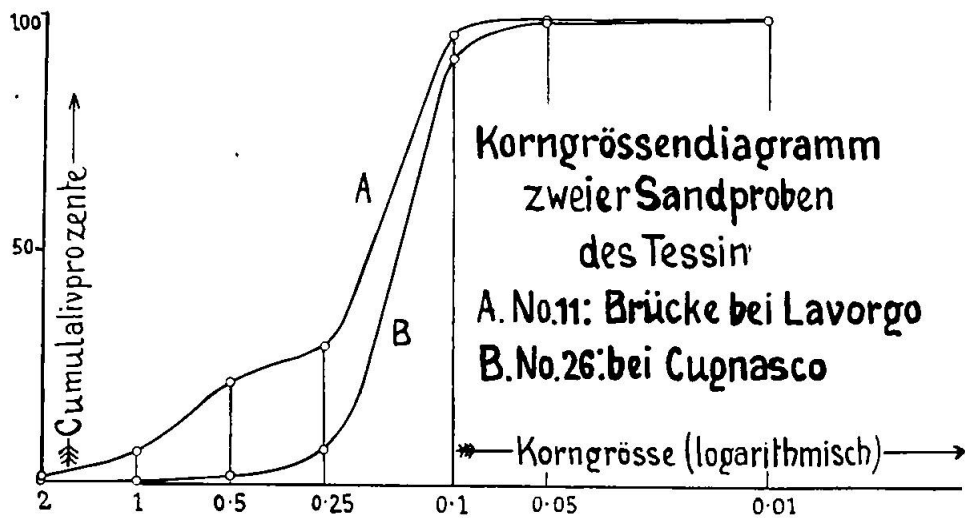


Fig. 4

bracht zu werden. Typus I, bei dem auch die gröbern Körnerklassen eine Rolle spielen, gehören die Proben 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 22 an,

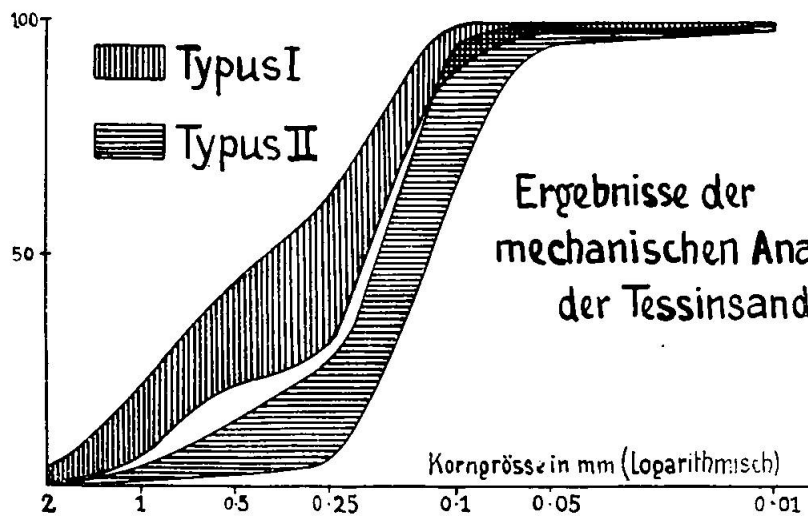


Fig. 5

Typus II, der sich dem „idealen“ Sandtypus viel stärker nähert, die übrigen. Die Einteilung ist im wesentlichen also der vorhin gefundenen analog. Typus I findet sich entweder an Stellen am Oberlaufe des Flusses, wo das Auftreten gröbern Materials an und für sich leicht verständlich ist (1, 3), oder aber bei Gefällsstufen, wo die vermehrte Stosskraft des Flusses mehr feineres Material, das sonst liegen bleiben würde, mit sich fortschafft, so dass der Rückstand reicher an gröbern Körnerklassen sein muss (8 aus der Piottinoschlucht, 11, 12, 13 aus der Biaschinaschlucht, resp. darunter

gelegen), oder schliesslich an der Mündung eines grösseren Nebenflusses, der frisches Material bringt, wie z. B. die Piumogna (9) oder die Traversagna (22).

Wenn auch hier die Zusammenhänge zwischen Topographie des Flusslaufes und seiner Nebenflüsse einerseits und der Korngrössenverteilung seiner Sande andererseits schon hervortreten, so soll doch an dieser Stelle noch nicht näher darauf eingegangen werden, da sich eine andere Darstellung zu ihrer Herausarbeitung noch besser eignet. Diese besteht im wesentlichen in einer vertieften Betrachtung der schon benutzten Diagramme. Sie wurde von H. A. BAKER (Lit. 2) ausgearbeitet und auf lose sandige Sedimente angewandt.

Die Kurven, die eben konstruiert wurden, geben uns die Korndurchmesser in Funktion ihrer gewichtsprozentischen Menge an. Das Integral dieser Funktion ist durch das Flächenstück, begrenzt durch die Abszisse, die Kurve selbst und die letzte Ordinate, bestimmt und kann mit Hilfe eines Planimeters mit erheblicher Genauigkeit ausgewertet werden. Der Wert fällt grösser oder kleiner aus, je nachdem mehr oder weniger grobe Partikeln vorhanden sind, wie z. B. ein Blick auf Fig. 4 zeigt. Es lässt sich nun, indem man den Wert des Integrals (d. h. der Fläche) durch die 100 % entsprechende Ordinate dividiert, ein flächengleiches Rechteck finden, dessen andere, der letzten Ordinate parallele Seite die Abszisse bei einer gewissen Korngrösse trifft. Diese Korngrösse lässt sich direkt ablesen, wenn man die Korndurchmesser selbst als Abszissenwerte aufgetragen hat, muss aber erst besonders ermittelt werden, wenn es sich um die Logarithmen derselben handelt. Es wird also ein „idealer“ Sand von bestimmter Korngrösse an Stelle des natürlichen substituiert. Seine Korngrösse wird die „äquivalente Korngrösse“ genannt und mit a bezeichnet. Absolut ideale Sande werden wohl in der Natur kaum je gefunden werden, immerhin zeigen die hier untersuchten Flussande, dass bei längerer Transportdistanz eine beträchtliche Annäherung an den „idealen“ Sand erreicht werden kann. Die Substitution eines „idealen“ Sandes von äquivalenter Korngrösse ist eine Abstraktion, welche für Vergleiche mit der Wirklichkeit gute Dienste zu leisten vermag. Dabei darf aber nicht ausser Acht gelassen werden, dass aus der äquivalenten Korngrösse des substituierten idealen Sandes nicht eindeutig auf die mechanische Konstitution des vorliegenden Sandes geschlossen werden darf. Es besteht insofern Vieldeutigkeit, als Flächenstücke, die von ganz verschiedenartigen Kurven begrenzt sind, inhaltsgleich sein können.

H. A. BAKER hat deshalb noch eine zweite Grösse eingeführt, die er als den „Grading Factor“ g bezeichnet. Fig. 6 zeigt das Diagramm der mechanischen Zusammensetzung des Sandes No. 23 von der Mündung des Gordunobaches. Der „ideale“ Sand mit der äquivalenten Korngrösse ist ebenfalls eingezeichnet. Die beiden Flächenstücke V_1 und V_2 stellen ein Mass für die Variation dar, welche der natürliche Sand gegenüber dem idealen aufweist, und zwar nach grösseren und kleineren Korngrössen hin. Es ist klar,

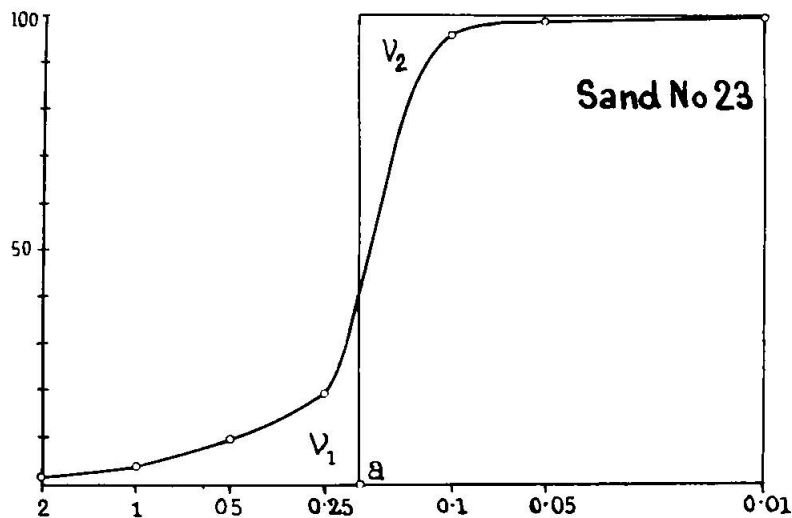


Fig. 6

dass $V_1 = V_2$ und der Inhalt dieser Flächenstücke umso geringer sein muss, je näher der in Frage stehende Sand einem „idealen“ Sand steht

Setzt man nun $V_1 + V_2 = V$ und die totale Fläche, begrenzt von der Abszisse, der letzten Ordinate und der Kurve, $= T$, so wird der „Grading Factor“ g definiert als

$$g = \frac{T - V}{T}$$

Die Werte von T und V lassen sich mit einem Planimeter ohne weiteres bestimmen; g ist somit leicht zu ermitteln. Es nähert sich g umso mehr dem Wert 1, je mehr der Sand sich in seiner mechanischen Konstitution einem „idealen“ nähert, je mehr also eine Korngrösse vorherrscht. Für den idealen Sand wird $V = 0$, $g = 1$. Durch die beiden Werte a und g lässt sich ein Sand weitgehend charakterisieren. Die beiden Werte lassen sich auch in einem rechtwinkligen Diagramm einander gegenüberstellen, wobei jedes Sediment durch einen ihm zugeordneten Punkt charakterisiert wird.

Die folgende Tabelle gibt die Werte T , $V = V_1 + V_2$, a und g für die untersuchten 27 Sandproben.

| No. der Probe | T | V | a | g | No. der Probe | T | V | a | g |
|---------------|-------|------|-----|-----|---------------|------|------|-----|-----|
| 1. | 99.2 | 25.9 | .30 | .74 | 15. | 83.5 | 10.0 | .18 | .88 |
| 2. | 76.4 | 14.8 | .14 | .78 | 16. | 79.0 | 13.2 | .15 | .83 |
| 3. | 95.5 | 23.3 | .27 | .76 | 17. | 86.3 | 16.1 | .19 | .81 |
| 4. | 86.2 | 15.6 | .21 | .82 | 18. | 75.5 | 13.5 | .13 | .82 |
| 5. | 77.0 | 14.5 | .14 | .81 | 19. | 76.0 | 13.2 | .14 | .83 |
| 6. | 83.3 | 12.3 | .18 | .85 | 20. | 79.5 | 9.0 | .15 | .89 |
| 7. | 87.6 | 14.7 | .21 | .83 | 21. | 85.0 | 18.9 | .18 | .78 |
| 8. | 103.8 | 21.4 | .36 | .79 | 22. | 92.7 | 15.0 | .24 | .84 |
| 9. | 91.4 | 18.6 | .24 | .80 | 23. | 86.4 | 12.6 | .19 | .85 |
| 10. | 86.1 | 14.1 | .19 | .84 | 24. | 78.7 | 10.2 | .15 | .87 |
| 11. | 92.4 | 17.7 | .24 | .81 | 25. | 75.0 | 12.5 | .13 | .83 |
| 12. | 105.5 | 26.6 | .38 | .74 | 26. | 81.3 | 8.9 | .17 | .90 |
| 13. | 99.9 | 22.0 | .31 | .78 | 27. | 69.1 | 12.8 | .11 | .82 |
| 14. | 90.7 | 18.7 | .22 | .79 | | | | | |

Wie die Tabelle zeigt, sind die Variationen für a und g nur gering. Es ist nämlich

$$0.11 \lesssim a \lesssim 0.38 \quad \text{und} \quad 0.74 \lesssim g \lesssim 0.90$$

Der Wert a steigt nur für 9 Proben (1, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 22) über den Wert 0.21. Probe 4 und 7 (Ponte Sordo und Rodi Fiesso am Eingang der Piottinoschlucht) erreichen diesen Wert gerade. Die hohen a -Werte treten alle dort auf, wo sich aus der Topographie des Flusslaufes ein Vorherrschen der gröbern Körnerklassen erwarten lässt. Dies ist der Fall einmal im Oberlaufe des Flusses für die Proben 1 (Villa im Bedretto) und 3 (Stalvedro). Probe 2 (Fontana) macht hiervon eine Ausnahme. Ferner tritt ein Anschwellen des a -Wertes vielfach dort auf, wo grössere Nebenflüsse frisches Material heranbringen. Beispiele hierzu sind Probe 9 (Mündung der Piumogna) und Probe 22 (Mündung der Traversagna). Auch für die Moesa und den Gordunobach tritt ein kleines Anschwellen des a -Wertes ein. Weitaus am grössten sind die Einflüsse der grossen Talstufen des Tessintals, wo infolge der erhöhten Stosskraft des Wassers noch Korngrössen mitgerissen werden, die sonst zur Sedimentation gelangen, so dass im Rückstand die gröbern Korngrössen erheblich angereichert werden. In der Piottinoschlucht steigt (Probe 8) a auf 0.36 und in der Biaschina gar auf 0.38 (Probe 12). Unterhalb dieser Talstufe

scheint sich ihre Auswirkung noch bis nach Bodio (Probe 14) fortzusetzen. Die Sande mit hohem a -Wert sind natürlich dieselben, die Kurven vom Typus I lieferten (Fig. 5).

Die Betrachtung des g -Wertes, des „Grading Factor“, zeigt, dass er im allgemeinen von der Quelle gegen die Mündung zu ansteigt, dass er aber gerade bei den Proben, die durch hohe a -Werte charakterisiert sind, einen kleinen Rückschlag erleidet, was ganz natürlich ist, da diese Proben infolge ihres vermehrten Gehaltes

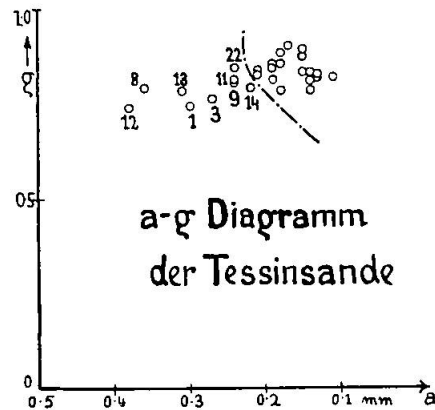


Fig. 7

an größerem Material vom „idealen“ Sand weiter entfernt sein müssen als die anderen.

Die Gegenüberstellung der a - und g -Werte in einem rechtwinkligen Diagramm (Fig. 7) zeigt denn auch deutlich die gesonderte Lage der den Proben 1, 3, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 22 zugeordneten Punkte.

D. Mineralogische Analyse der Flussande

1. Gang der Untersuchung

Wie sich schon mit einer Lupe feststellen lässt, sind die einzelnen Sandkörner fast ausschliesslich monomineralischer Natur, wenn auch gelegentlich Einschlüsse (Sagenitbildung z. B.) oder gegenseitige Verwachsungen vorkommen. Bruchstücke polymineralischer kristalliner Gesteine finden sich bloss in den immer nur in geringem Masse vorhandenen Körnerklassen G oder event. auch noch VCS. Meist handelt es sich dabei um sehr feinschuppige, lepidoblastisch struierte Stücke des Grundgewebes von kristallinen Schiefen.

Der Gang der Untersuchung war folgender: Sowohl Proben der nicht weiter vorbehandelten Sande, wie auch der durch die erwähnte kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse erhaltenen einzelnen Körnerklassen wurden zuerst unter einem binokularen Mikro-

skop im auffallenden und durchfallenden Licht untersucht. Dabei liessen sich jeweils schon eine ganze Anzahl von Mineralien erkennen, wie z. B. Quarz, Calcit, Biotit, Muscovit, Chlorit, Turmalin, gewöhnliche Hornblende, Aktinolith, Epidot, Granat, Disthen, Pyrit, Rutil etc.

Körner, die aus irgend einem Grunde, sei es zur genauern Bestimmung, sei es zur Bestätigung der Diagnose, einer weiteren Untersuchung unterworfen werden sollten, wurden mittels einer feuchten Nadel oder mittels eines spitzen, feuchten Aquarellpinsels herausgeholt, in geeignet lichtbrechende Flüssigkeiten eingebettet und nach den üblichen Methoden unter dem Polarisationsmikroskop untersucht.

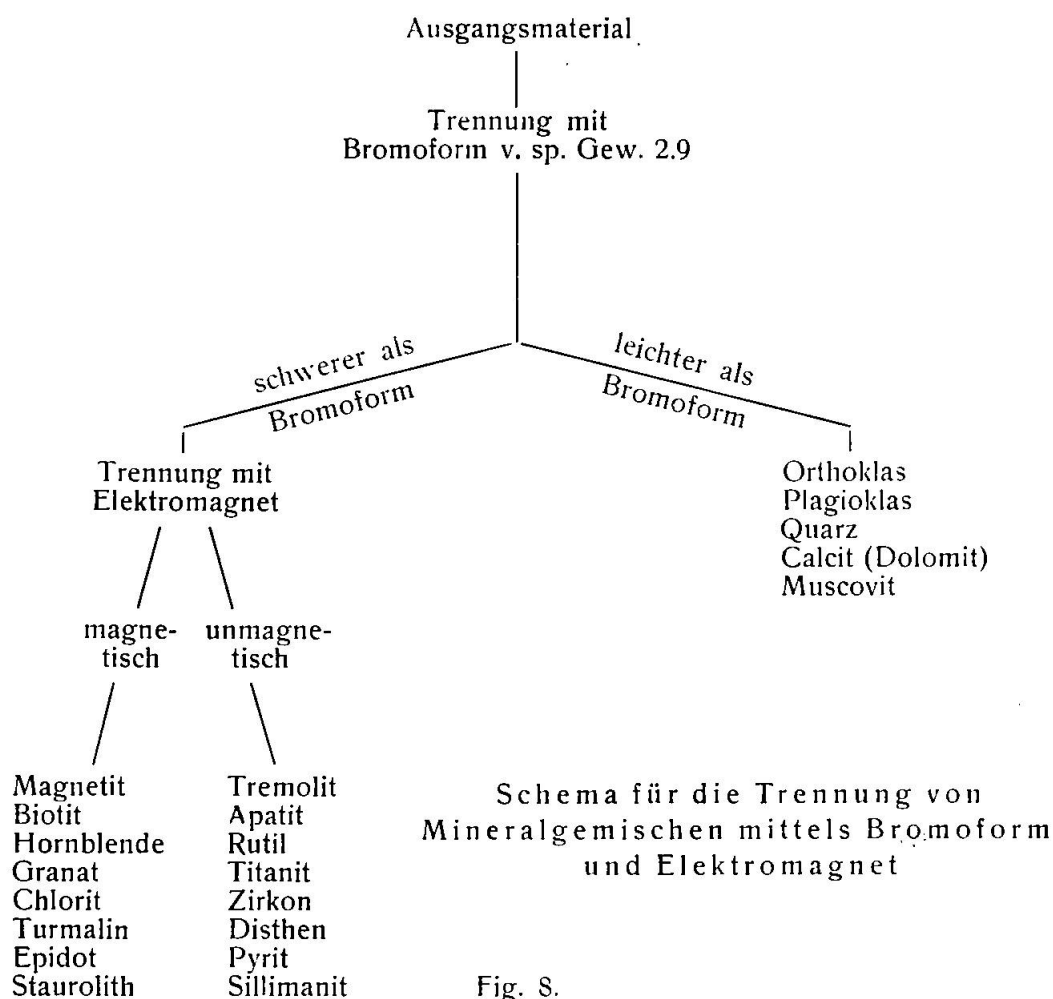
Nach dieser Voruntersuchung wurden die einzelnen bei der mechanischen Analyse erhaltenen Körnerklassen (Ausgangsmenge 100 g), sofern ihre Menge nicht so gering war, dass ihr Mineralbestand leicht übersehen werden konnte, einer Trennung mit schweren Flüssigkeiten (verwandt wurde vorzugsweise Bromoform vom spez. Gew. 2.9, daneben in Spezialfällen auch Thoulet'sche Lösung) und dem Magneten unterworfen, wie nebenstehendes Schema zeigt (Fig. 8).

Die Trennung mit Bromoform erfolgte in einem gewöhnlichen, oben offenen, unten mit einem Hahn versehenen Trichter nach dem üblichen Verfahren (siehe z. B. Lit. 6). Zur magnetischen Trennung wurde ein Elektromagnet nach Rosenbusch benutzt, dessen Polschuhe nach dem Vorschlage in Lit. 6 abgeändert worden waren. Auf die vielfach empfohlene Trennung der schwach und stark magnetischen Mineralien wurde verzichtet, da von den letztern nur Magnetit anwesend war. Dieser machte sich dadurch bemerkbar, dass er vom angewandten Elektromagneten schon auf mehrere cm Distanz angezogen wurde, während zur Trennung der übrigen Mineralien eine Annäherung auf wenige Millimeter oder gar ein Eintauchen in die Probe selbst erforderlich war. Die einzelnen im Gange dieser Trennung erhaltenen Fraktionen wurden mikroskopisch untersucht, wobei zur Einbettung Flüssigkeiten verschiedener Lichtbrechung, für Dauerpräparate Canadabalsam, zur Anwendung kamen. Zur Bestimmung der Mineralien leisteten die verschiedenen vorhandenen Tabellenwerke gute Dienste (z. B. Lit. 7, 9, 10, 11, 13).

2. Der Mineralbestand

Der Mineralbestand, wie er sich durch die eben skizzierte Untersuchung ergab, ist in der Tabelle auf Seite 225 zusammen-

gestellt. Die einzelnen Mineralien sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt. Für die meisten Proben kann die Liste noch durch Angabe von limonitischen und serpentinartigen Zersetzungsprodukten vervollständigt werden. Hämatit wurde nicht in die Tabelle aufgenommen, da er nur vereinzelt als Einschluss in Quarz festgestellt wurde.



Kurze Charakteristik der einzelnen Mineralien

Aktinolith: Der Aktinolith kommt in Form der bekannten spiessig-strahligen Aggregate in Quarz oder Carbonat vor. Farbe hellgrün. Die einzelnen Individuen sind prismatisch-leistenförmig und zeigen die ausgezeichnete Spaltbarkeit nach (110). Pleochroismus äusserst schwach, kaum wahrnehmbar. Auslöschung c/n , um 12° .

Apatit: Kleine, gutbegrenzte prismatische Kristalle, oft mit Querabsonderung. Hohes Relief, niedrige Doppelbrechung, optisch negativ. Findet sich naturgemäss nur in den feinen Körnerklassen, in den gröbern als Einschluss im Biotit.

Biotit: Unregelmässig begrenzte Blätter und Schuppen, meist von kastanienbrauner Farbe, schmutzigrüne Varietäten anscheinend selten. Pleochroismus nur äusserst selten bestimmbar, da Kristalle immer nach (001) orientiert. Achsenwinkel klein bis Null. Oft Einschlüsse von Apatit, Erz, Sagenit, Zirkon. Pleochrotische Höfe selten.

Calcit (und Dolomit): Erkennbar an der ausgezeichneten rhomboedrischen Spaltbarkeit und an der hohen Doppelbrechung, die durch die starke Reliefänderung beim Drehen der in Canadabalsam eingebetteten Kristalle besonders augenfällig wird. Dass neben Calcit auch Dolomit vorhanden ist, wurde auf Grund der Lichtbrechung erkannt und ist auch aus den geologischen Verhältnissen des Einzugsgebietes (Triasdolomite) leicht verständlich. Im einzelnen wurde die Unterscheidung nicht durchgeführt, beide Carbonate sind zusammengefasst.

Chlorit: Grüne, unregelmässig lappig begrenzte Blätter, oft unrein mit Erzausscheidungen. Optisch fast einachsig.

Disthen: Stark lichtbrechende, meist flachstenglige Kristalle von gelegentlich hellblauer Farbe mit guter Spaltbarkeit nach (100) und (010) und den charakteristischen Querabsonderungen nach (001). n_a tritt auf (100) fast senkrecht aus, die Auslöschungsschiefe c/n_y beträgt auf (100) 30° . Kristalle, bei denen infolge der Spaltbarkeit (010) vorherrscht, sind viel seltener und zeigen eine Auslöschung von nur 7° .

Epidot: Kommt fast ausschliesslich in Form von Spaltblättchen nach (001) vor, welche gerade Auslöschung und den Austritt einer optischen Achse zeigen. Hohe Licht- und Doppelbrechung, hellgrün, schwacher Pleochroismus. Sehr hell gefärbte Varietäten zeigen den Austritt der optischen Achse schief, was wohl auf stärkere Beimengung von Klinozoisitmolekül schliessen lässt. Eine Verwechslung mit Strahlstein schliesst die Lage der Achsenebene aus, auch wenn die gerade, resp. schiefe Auslöschung zur Hauptzone wegen schlechter Ausbildung nicht mit Sicherheit erkannt werden kann.

Granat: Granat, der in verschiedenen, braunen bis hellroten Varietäten auftritt, wird sofort an der hohen Lichtbrechung und an der Isotropie erkannt. Kleine Kriställchen zeigen oft die Rhombendodekaederform, meist erscheinen aber ganz unregelmässig bebrenzte Splitter, die ausgezeichneten muscheligen Bruch aufweisen. Entsprechend seiner Herkunft aus kristallinen Schiefen, wo er

meist in der Form von Porphyroblasten auftritt, ist der Granat sehr oft von Einschlüssen mannigfacher Art durchspickt.

Gewöhnliche Hornblende: Die Hornblende bietet insofern besonderes Interesse, als sie der einzige Gemengteil der Sande ist, der in so charakteristischer Ausbildung auftritt, dass die Herkunft etwas genauer lokalisiert werden kann. Es handelt sich nämlich um die typisch grünblaue, etwas alkalihaltige Hornblende aus den Gesteinen der Tremolaserie am Südabhang des Gotthard oder aus den petrographisch ähnlichen, aber mesozoischen Gesteinen der Mulde zwischen Gotthardmassiv und Lucomagnodecke. Die Spaltblättchen nach (110), in Form derer die Hornblende sich in den Sanden findet, zeigen c/n_x , um $12-15^\circ$ und den charakteristischen Pleochroismus: n_x blaugrün, senkrecht dazu braungrün.

Magnetit: Der Magnetit bildet entweder ganz unregelmässig begrenzte Bruchstücke oder kleine, wohlausgebildete Oktaeder mit spiegelglatten Flächen, welche mitunter eine Streifung parallel den Oktaederkanten zeigen.

Muscovit (und Sericit): Unregelmässig begrenzte, farblose bis leicht grünliche Blättchen und Schuppen von hoher Lichtbrechung, die bei konoskopischer Untersuchung das charakteristische Interferenzbild des Muscovites lieferten. Die feinen Schüppchen, die sich in den feinem Körnerklassen SFS und s finden, können wohl schon zum Sericit gezählt werden.

Orthoklas: Als wesentliche Kennzeichen des Orthoklases galten Lichtbrechung niedriger als Canadabalsam, gerade Auslöschung an basalen Spaltblättchen, die Abwesenheit polysynthetischer Zwillinge und die meist zu konstatierende beginnende Zersetzung (Kaolinsierung, Sericitisierung), welche sich in einer bräunlichen Trübung äusserte. In gewissen Fällen war eine Abtrennung gegen Albit (saurer Plagioklas im allgemeinen) sehr schwer, besonders dann, wenn die Umrissgestaltung eine Entscheidung über die Auslöschungsschiefe nicht zuließ. Dies hatte seinen besondern Grund auch in dem Umstand, dass die Albite im allgemeinen in den kristallinen Schiefen unverzwilligt vorkommen. Die Fälle, wo sich eine Entscheidung nicht treffen liess, waren aber nur selten und beeinflussten das Gesamtergebnis in keiner Weise.

Plagioklas: Unter den Plagioklasen scheinen hauptsächlich zwei Typen vorhanden zu sein, nämlich ein saurer Albit-Oligoklas bis Oligoklas mit einer Lichtbrechung, die niedriger als Canadabalsam oder z. T. niedriger, z. T. höher ist, und ein basischeres Glied, höher

lichtbrechend als Canadabalsam und polysynthetisch verzwilligt. Die Auslöschungsschiefen führen dort, wo sie verwendbar sind, auf einen Oligoklas-Andesin. Er ist meistens von Zersetzungsprodukten wolkig getrübt, so dass die Zwillingslamellen nur am ausgedünnten Rande wahrgenommen werden können. Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass auch noch basischere Glieder vorhanden sind, dass sie aber infolge ihrer Zersetzung oder infolge ihrer ungünstigen Lage nicht erkannt wurden. Nach dem, was man über die Petrographie des Einzugsgebietes des Tessin weiss, ist dies jedoch wenig wahrscheinlich.

Pyrit: Pyrit wurde nicht oft gefunden. Er scheint sich rasch zu oxydieren, wie denn auch alle Pyritkörner Oxydationserscheinungen aufweisen. Er erscheint immer in ausgezeichneter kristallographischer Umgrenzung mit (100) als herrschender Form und charakteristisch gestreift nach den drei aufeinander senkrecht stehenden Kantenrichtungen. Zum Würfel treten oft noch das Pentagondodekaeder (210), das Oktaeder (111) oder beide zugleich. Andere Formen wurden nicht beobachtet.

Quarz: Quarz bildet naturgemäss einen der wichtigsten Bestandteile der Sande. Er ist charakterisiert durch grosse Frische und absolutes Fehlen von Zersetzungserscheinungen, durch ausgezeichnet muscheligen Bruch und Mangel an jeglicher Spaltbarkeit. Der muschelige Bruch zeigt sich besonders schön bei binokularer Betrachtung im auffallenden Licht bei dunklem Hintergrunde. In Verbindung mit der grossen Schärfe der Formen bedingt er auch die oft wahrzunehmenden keilförmigen Ränder, welche bei gekreuzten Nicols die von aussen her gegen das Zentrum ansteigenden Interferenzfarben zur Folge haben. Als Einschlüsse im Quarz treten auf: Hämatitfädelchen, Rutilnadeln, Biotitblättchen.

Rutil: Der Rutil ist, trotzdem er in ganz geringer Menge auftritt, ein sehr charakteristisches Glied im Mineralbestand der untersuchten Sande. Er zeigt kleine, prismatische, nach c gestreckte Kristalle mit ausgezeichnet entwickelter, stark geriefter [001]-Zone. Die Enden werden, wenn nicht abgebrochen, durch (111) gebildet. Auch Kniezwillinge wurden erkannt. Die Formen sind mit grosser Schärfe konserviert. Diagnostisch verwendbar sind ausser den morphologischen Eigenschaften auch die sehr hohe Licht- und Doppelbrechung und der von rot- bis tief kastanienbraun (n_u) nach etwas mehr gelblichen Tönen wechselnde Pleochroismus. Im auffallenden Licht fällt der äusserst starke Glanz auf. Ausserdem

kommt der Rutil, wie schon erwähnt, auch noch in Form des Sagenits in Biotit eingeschlossen vor.

Sillimanit: Der Sillimanit bildet strahlig-faserige, pinselförmige Aggregate von hoher Licht- und niedriger Doppelbrechung. Die einzelnen Individuen löschen gerade aus und haben n_z in der Längserstreckung.

Staurolith: Der Staurolith ist leicht erkennbar an der hohen Lichtbrechung und an seinem braun- bis strohgelben Pleochroismus. Unter den kleinen Körnern finden sich nicht selten wohlausgebildete Kriställchen, die von (110), (101), (010) und (001) begrenzt sind. Zur Hauptsache tritt das Mineral aber in unregelmässigen Bruchstücken auf, die unebenen Bruch zeigen.

Titanit: Im Gegensatz zum harten Rutil zeigt dieses andere Titanmineral nie eigene Formen, sondern tritt infolge seiner geringen Härte in mehr abgerundeter Gestalt auf. Erkannt wird es an seiner sehr hohen Licht- und Doppelbrechung in Verbindung mit der konoskopischen Diagnose, die die bekannte, ausserordentlich hohe Achsendispersion $o > v$ bei kleinem Achsenwinkel zeigt.

Tremolit: Der farblose Tremolit wird erkannt an seiner ausgezeichneten prismatischen Spaltbarkeit, welche bewirkt, dass die Enden der Kristalle ausgezackt sind. Die zur Spaltbarkeit rechtwinklige Querabsonderung begrenzt diese Zacken oft geradlinig. Licht- und Doppelbrechung sind mittelhoch, die Auslöschung auf den prismatischen Spaltblättchen beträgt bis zu 12° für $c \parallel n_z$. Oft sind die Tremolite von einem schwarzen (kohligen?) Pigment angefüllt. Gegen Verwechslung mit dem unter Umständen ähnlich aussehenden Disthen schützt die bei Tremolit kleinere Auslöschungsschiefe, die niedrigere Lichtbrechung und die weniger markant ausgebildete Querabsonderung.

Turmalin: Im auffallenden Licht sind die Turmaline pechschwarze, stark glasglänzende Nadeln mit gut ausgebildeter Streifung parallel c . Der Querschnitt ist, wo erkennbar, deutlich gerundet-trigonal, die Enden in der Regel abgebrochen. Die Absorption ist sehr stark, so dass der Pleochroismus nur bei dünnen Kristallen in Erscheinung tritt. Er variiert von schwarz nach dunkelschmutzigblau oder dunkelschmutzigbraun. Schwache Zonarstruktur wurde beobachtet.

Zirkon: Der Zirkon findet sich in kleinen, hoch licht- und doppelbrechenden, leicht gerundeten Kriställchen vom Typus, wie er in den meisten sauren Eruptivgesteinen getroffen wird. Am

besten zu erkennen und auch am besten ausgebildet ist er als Einschluss in Biotit.

3. Einige quantitative Daten über den Mineralbestand

Da ein grosser Anteil aller Sande aus den gleichen Mineralien besteht (im besonderen Quarz, Feldspäte, Muscovit, Biotit etc.), so sind die charakteristischen Änderungen im Mineralbestand, wie sie längs des Flusslaufes auftreten, wenig auffallend und erst bei genauerem Zusehen ersichtlich. Die charakteristischen Mineralien treten neben den immer anwesenden nur in geringer Menge auf, ihre Konzentration ist durch die andern verdünnt. Um dennoch einen Überblick über die Veränderungen im Mineralbestand zu erhalten, schien es angezeigt, nicht mit den Sanden, wie sie vorliegen, sondern mit Konzentraten zu arbeiten. Als vorteilhaft erwiesen sich die durch Trennung mit Bromoform erhaltenen schweren Fraktionen und innerhalb dieser ganz besonders wiederum die magnetischen Anteile. Diese umfassen sehr charakteristische, leicht erkennbare Mineralien (wie Granat, grünblaue Hornblende, Staurolith), die sich gut zum Auszählen eignen. Der Biotit ist zu diesem Zwecke weniger geeignet, obwohl er mit den eben genannten Mineralien die gute Erkennbarkeit auf den ersten Blick gemeinsam hat. Infolge seines spezifischen Gewichtes, das sehr nahe demjenigen des Bromoforms ist, und infolge seiner blättrigen Ausbildung, die das Schwimmen erleichtert, findet er sich im allgemeinen trotz sorgfältigen Arbeitens bei der Trennung in beiden Fraktionen, in der schweren und in der leichten. Das Auszählen geschah so, dass unter dem Binokularmikroskop pro Probe 5—7 Gesichtsfelder mit zusammen 450—650 Mineralkörnern in Betracht gezogen wurden. Die erhaltenen Zahlen wurden auf Prozentwerte umgerechnet. Aus der untenstehenden Tabelle ist ersichtlich, wieviel Körner Granat oder Hornblende oder Staurolith auf 100 Körner des schweren, magnetischen Konzentrates vorhanden sind.

Die Tabelle zeigt, wie der Gehalt an blaugrüner Hornblende talabwärts immer abnimmt. In der Tat wurde ja auch schon erwähnt, dass diese Hornblendevarietät nur aus dem obern Tessingebiet (Tremolaserie und Pioramulde) bekannt ist. Ihre Konzentration wird talabwärts durch das neu hinzukommende Material immer mehr verdünnt. Der Granat nimmt umgekehrt immer mehr zu, jedoch nicht mit der Stetigkeit, mit der die Hornblende abnimmt. Die Zunahme erfolgt bis etwa in die Gegend der Proben

Tabelle über die Veränderung des Mineralbestandes der schweren, magnetischen Konzentrate

| No. der Probe | Grünblaue Hornblende | Granat | Staurolith | Summe |
|---------------|----------------------|--------|------------|-------|
| 1 | 44.0 | 8.2 | — | 52.2 |
| 2 | 40.5 | 4.0 | — | 44.5 |
| 3 | 16.0 | 11.5 | 1.3 | 28.8 |
| 4 | 23.7 | 12.3 | 0.8 | 36.8 |
| 5 | 29.8 | 9.9 | — | 39.7 |
| 6 | 27.5 | 18.6 | 0.5 | 46.6 |
| 7 | 25.0 | 11.0 | 0.4 | 36.4 |
| 8 | 20.0 | 20.0 | 1.1 | 41.1 |
| 9 | 10.0 | 25.5 | 0.3 | 35.8 |
| 10 | 4.5 | 24.5 | 4.9 | 33.9 |
| 11 | 3.0 | 35.5 | 1.9 | 40.4 |
| 12 | 1.9 | 34.5 | 2.9 | 39.3 |
| 13 | 1.3 | 32.6 | 3.9 | 37.8 |
| 14 | 6.6 | 32.0 | 3.1 | 42.6 |
| 15 | 3.8 | 40.0 | 3.8 | 47.6 |
| 16 | 5.1 | 23.0 | 2.0 | 30.0 |
| 17 | 6.6 | 30.0 | 1.9 | 38.5 |
| 18 | 2.0 | 16.5 | 1.2 | 19.7 |
| 19 | 1.6 | 19.2 | 0.6 | 21.4 |
| 20 | 1.4 | 23.0 | 3.0 | 27.4 |
| 21 | 1.9 | 22.5 | 1.4 | 25.8 |
| 22 | 3.6 | 10.9 | 2.4 | 17.5 |
| 23 | 1.2 | 16.5 | 2.3 | 20.0 |
| 24 | 1.9 | 18.8 | 2.1 | 22.8 |
| 25 | 1.3 | 19.0 | 1.6 | 21.9 |
| 26 | 1.5 | 18.6 | 3.3 | 23.4 |
| 27 | 0.8 | 22.0 | 1.0 | 23.8 |

11—15 (Lavorgo-Giornico-Bodio-Pollegio). Darauf folgt annähernde Konstanz bis zur Mündung. Im Gegensatz zur Hornblende, die nur aus einem relativ eng umgrenzten Gebiet des obern Tessinlaufes stammt, müssen also granatführende Gesteine, die immer neues Granatmaterial in den Fluss abgeben, auch in den untern Partien des Flusslaufes anstehend sein. Solche Vorkommnisse sind tatsächlich von verschiedenen Orten bekannt. Das leichte Zurücktreten des Granatgehaltes fällt mit dem Eintreten des Flusses in die Riviera zusammen, wo die Talwände vorwiegend aus Orthogneisen bestehen. Immerhin bringen Nebenflüsse, wie Gorduno-

bach und Traversagna erneutes Material. Zur genauen Verfolgung dieser Fragen bedürfte es eines viel dichteren Netzes von Beobachtungen, das sich insbesondere auch auf die Seitenflüsse und -Bäche erstrecken müsste. Der Stauolithgehalt erreicht nur geringe Werte, die anfangs leicht zunehmen, gegen die Mündung zu eher wieder etwas zurückgehen. Die Kolonne „Summe“ gibt die Summe der Prozentgehalte der drei betrachteten Mineralien an. Trotz geringer Schwankungen bleibt die Summe im Anfang relativ konstant hoch, um dann von dem Moment an, wo die Abnahme der Hornblende nicht mehr durch entsprechende Zunahme des Granates kompensiert wird, auch abzunehmen. In den Sanden 18—25 (Cresciano in der Riviera bis Mündung) beginnen in den hier betrachteten Konzentraten die übrigen hierhergehörigen Mineralien (Chlorit, Turmalin, Magnetit, Biotit z. T.) zuzunehmen und eine bedeutendere Rolle zu spielen, was sich in dem Zurückgehen des Summenwertes ausdrückt. Die Verhältnisse lassen sich gut übersehen in der graphischen Darstellung Fig. 9, wo die Prozentgehalte und ihre Summe den Orten der Probeentnahme in einem rechtwinkligen Koordinatensystem gegenübergestellt sind.

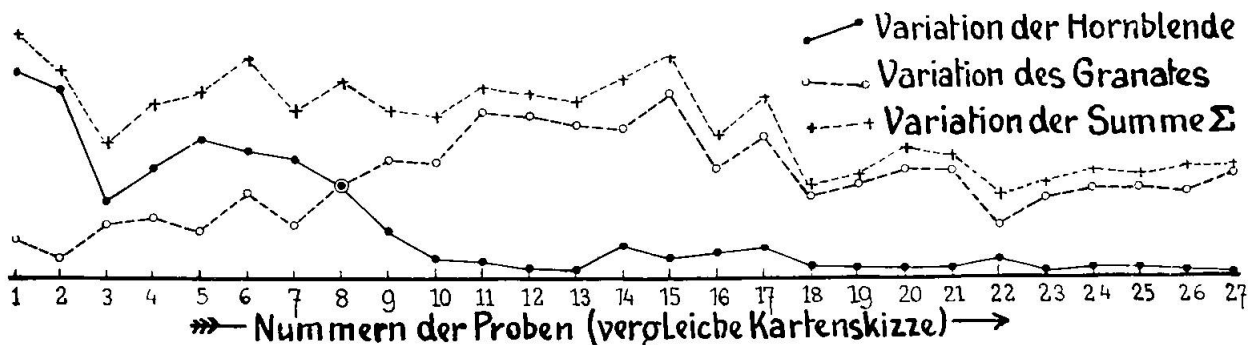


Fig. 9

siert wird, auch abzunehmen. In den Sanden 18—25 (Cresciano in der Riviera bis Mündung) beginnen in den hier betrachteten Konzentraten die übrigen hierhergehörigen Mineralien (Chlorit, Turmalin, Magnetit, Biotit z. T.) zuzunehmen und eine bedeutendere Rolle zu spielen, was sich in dem Zurückgehen des Summenwertes ausdrückt. Die Verhältnisse lassen sich gut übersehen in der graphischen Darstellung Fig. 9, wo die Prozentgehalte und ihre Summe den Orten der Probeentnahme in einem rechtwinkligen Koordinatensystem gegenübergestellt sind.

4. Verteilung der verschiedenen Mineralien auf die einzelnen Körnerklassen

Die Verteilung der Mineralien auf die einzelnen Körnerklassen ist durch zweierlei Umstände bedingt, nämlich durch die Grössenverhältnisse, die die einzelnen Komponenten schon von Hause aus, d. h. im ursprünglichen Gesteinsverband aufweisen und durch die Verhältnisse, wie sie durch die Zertrümmerung und Zerkleinerung während des Transportes geschaffen werden. Gewisse Mineralien, wie z. B. Zirkon, Apatit, auch Titanit, Rutil und Sillimanit z. T. sind daher zum vorneherein nur in den feineren und feinsten Körnerklassen zu erwarten, da sie ja in den Gesteinen, abgesehen von

event. Pegmatiten, immer nur als kleine Körner auftreten. Sie wurden tatsächlich nur in den Klassen SFS und s, selten auch FS angetroffen. Die andern Mineralien fanden sich, wenn man die Gesamtheit der Sande betrachtet, in sämtlichen Körnerklassen, von den größten bis zu den allerfeinsten.

Geht man von der Annahme aus, dass während des Transportes eine fortwährende Zerkleinerung stattfindet, so kommt man zum Schluss, dass ein gewisses Mineral, das einem nicht zu ausgedehnten Herkunftsbezirk entstammt, zuerst vorwiegend in den gröbern Körnerklassen auftreten wird, um dann allmählich bei weiterem Transport in die feineren überzugehen und gleichzeitig in den gröbern zu verschwinden. Würde es sich nun herausstellen, dass das betreffende Mineral, nachdem es nach einer bestimmten Transportdistanz aus den gröbern Klassen verschwunden war, weiter flussabwärts erneut in diesen auftauchte, so würde dieser Umstand auf frisch zugeführtes Material und damit auf eine neue Quelle für das betr. Mineral schliessen lassen. Solche Feststellungen können unter Umständen für sedimentpetrographische Untersuchungen sehr wertvoll sein und z. B. auch zur Entdeckung neuer Mineral- und Gesteinsvorkommnisse führen. Umgekehrt zeigt natürlich das sukzessive Übergehen einer bestimmten Mineralart in feinere Körnerklassen ohne Rekurrenzerscheinung, dass sie offenbar nur aus einem, oder doch aus sehr eng beieinander liegenden Gebieten stammt.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, dass sich zu solchen Studien nur relativ seltene Mineralien oder solche, die gewisse charakteristische Kennzeichen aufweisen und aus relativ beschränkten Einzugsgebieten stammen, eignen. Mineralien, wie Quarz, Feldspat etc., in vorliegendem Falle auch Granat, kamen, als zu weit verbreitet, nicht in Betracht. Gerade aus dem Umstande, dass sie längs des ganzen untern Flusslaufes in allen Körnerklassen zu treffen sind, muss geschlossen werden, dass sie aus relativ weit ausgedehnten Einzugsgebieten stammen, so dass immer wieder eine Zufuhr von frischem Material eintreten kann. Als am besten geeignet erwies sich die nun schon mehrfach erwähnte grünblaue Hornblende aus der Tremolaserie oder aus der mesozoischen Mulde zwischen Gotthardmassiv und Lucomagnodecke. Untenstehende Tabelle zeigt ihre Verteilung auf die verschiedenen Körnerklassen. Es ist klar ersichtlich, dass sie am Anfang in allen Körnerklassen von den größten zu den feinsten auftritt, dass sie aber gegen das Ende des Flusslaufes hin für die gröbern auszusetzen beginnt. Dies geschieht für

die Klasse VCS früher als für CS und für diese früher als für MS. Für FS, SFS und s ist sie überall nachzuweisen. Die Klasse G wurde nicht in Betracht gezogen, da bei ihr einzelne Partikeln sehr oft polymineralischer Natur sind und die Klasse auch nicht bei allen Proben vertreten ist. Das Resultat bestätigt also wiederum, was schon aus petrographisch-geologischen Untersuchungen der Einzugsgebiete bekannt war, nämlich dass die grünblaue Hornblende nur in einem relativ beschränkten Teil des Oberlaufes (Val Tremola und Mulde zwischen Gotthardmassiv und Lucomagno-decke) vorkommt und nicht als Bestandteil der im untern Flussgebiet anstehenden Gesteine auftritt.

Verteilung der blaugrünen Hornblende auf die verschiedenen Körnerklassen

| No. | VCS | CS | MS | FS | SFS | s | No. | VCS | CS | MS | FS | SFS | s |
|-----|-----|----|----|----|-----|---|-----|-----|----|----|----|-----|---|
| 1. | + | + | + | + | + | + | 15. | + | + | + | + | + | + |
| 2. | + | + | + | + | + | + | 16. | - | + | + | + | + | + |
| 3. | + | + | + | + | + | + | 17. | - | + | + | + | + | + |
| 4. | + | + | + | + | + | + | 18. | - | + | - | + | + | + |
| 5. | + | + | + | + | + | + | 19. | - | + | + | + | + | + |
| 6. | + | + | + | + | + | + | 20. | - | - | + | + | + | + |
| 7. | + | + | + | + | + | + | 21. | + | - | + | + | + | + |
| 8. | + | + | + | + | + | + | 22. | - | + | + | + | + | + |
| 9. | - | + | + | + | + | + | 23. | - | - | + | + | + | + |
| 10. | + | + | + | + | + | + | 24. | - | - | - | + | + | + |
| 11. | - | + | + | + | + | + | 25. | - | - | + | + | + | + |
| 12. | - | - | + | + | + | + | 26. | - | - | + | + | + | + |
| 13. | - | + | + | + | + | + | 27. | - | - | + | + | + | + |
| 14. | + | + | + | + | + | + | | | | | | | |

5. Form der Sandkörner

Der Form der Sandkörner, deren Betrachtung sonst bei sedimentpetrographischen Untersuchungen eine sehr bedeutende Rolle spielt, und die schon vielfach über die Sedimentationsbedingungen wertvolle Aufschlüsse zu geben vermochte, kommt hier nur eine geringere Bedeutung zu. Die Transportdistanz war offenbar eine zu geringe, um bedeutendere Spuren zu hinterlassen. Im ganzen kann man alle Formen nach der üblichen Terminologie als angular bis höchstens subangular bezeichnen. Typisch gerundete Formen fehlen durchaus. Es ist in diesem Zusammenhang interessant, festzustellen, dass W. LIECHTI in seinen eben erschienenen sedimentpetrographischen Untersuchungen der Molassebildungen des Napf-

gebietes analoge Feststellungen für die Mineralien der Molasse-sandsteine und -Mergel machte (Lit. 8).

Quantitativ exakt sind die Verhältnisse, wie sie bei den Mineralien der hier untersuchten Sande auftreten, nicht zu fassen. Versuchsweise kann man aber die Mineralien nach ihrer Härte und Spaltbarkeit und dem daraus resultierenden Verhalten beim Transport in drei Gruppen zusammenfassen.

I. *Relativ harte Mineralien* ($H = 5\frac{1}{2} - 6$) mit einer oder mehreren ausgezeichneten Spaltflächen.

| | | |
|----------------------|---|----------------|
| Epidot | } | Amphibolgruppe |
| Aktinolith | | |
| Tremolit | | |
| Grünblaue Hornblende | | |
| Orthoklas | } | Feldspäte |
| Plagioklas | | |
| Disthen | | |

II. *Relativ harte Mineralien* ($H = 5\frac{1}{2} - 7\frac{1}{2}$) ohne ausgezeichnete Spaltflächen oder ohne solche überhaupt.

| | |
|----------|------------|
| Apatit | Staurolith |
| Granat | Turmalin |
| Magnetit | Rutil |
| Quarz | Pyrit |
| | Titanit |

III. *Relativ weiche Mineralien* ($H = 2 - 3$) mit einer oder mehreren ausgezeichneten Spaltflächen.

| |
|----------|
| Biotit |
| Chlorit |
| Muscovit |
| Calcit |

Bei Gruppe I und III wirken sich die zertrümmernden Kräfte hauptsächlich dahin aus, dass die einzelnen Mineralkörner nach den ausgezeichneten Spaltflächen zerteilt werden. Bei Gruppe I werden die Ecken dieser Spaltblättchen teilweise abgestossen und etwas gerundet, bei Gruppe III werden die Ränder buchtig-lappig zerfetzt (Glimmer, Chlorit) oder die Ecken und Kanten rund geschliffen (Calcit). Disthen mit seiner vektoriell von 4—7 wechselnden Härte nimmt eine Zwischenstellung ein.

Bei Gruppe II erfahren die weicheren Glieder (Apatit, event. Magnetit, Titanit) etwelche Rundung der Kanten und Ecken, die härteren zerspringen zu scharfkantigen Splittern mit muscheligen

Bruch und behalten die scharfen Kanten bei (Granat, Quarz, Turmalin, Rutil). Staurolith nimmt eine Zwischenstellung nach Gruppe I hin ein. Kleine Rhombendodekaeder von Granat, die noch nicht in Stücke zersprungen sind und die offenbar infolge ihrer kugeligen Gestalt zum Rollen prädestiniert waren, zeigen oft auch beginnende Rundung.

Wenn auch obige Einteilung nur ein Schema ist, so dürfte sie doch eine erste Übersicht der Erscheinungen bieten. Von einer genauern, quantitativen Erfassung des Problems der Abnutzung von Mineralkörnern beim Transport ist man trotz der vielen Ansätze in der Literatur immer noch weit entfernt.

6. Versuch der Herkunftsbestimmung der einzelnen Mineralarten

Ein wichtiges Ziel bei sedimentpetrographischen Arbeiten bietet immer die Herkunftsbestimmung der einzelnen isolierten Komponenten, insbesondere der sog. „schweren Mineralien“. Da die Geologie und Petrographie des Einzugsgebietes des Tessin in den grossen Zügen bekannt ist, wenn auch noch viel Detailarbeit zu leisten übrig bleibt, so soll auch hier auf die Herkunftsbestimmung eingegangen werden.

Für eine erste Gruppe von Mineralien, umfassend die folgenden:

| | | |
|------------|----------|---------|
| Quarz | Biotit | Apatit |
| Orthoklas | Muscovit | Zirkon |
| Plagioklas | Magnetit | Titanit |

hat es wohl kaum einen Zweck, nähere Angaben über die Herkunft machen zu wollen. Sie können sowohl aus dem Kern des Gotthardmassivs wie auch aus den gewaltigen Orthogneismassen des Tessintales stammen, oder auch ebenso gut aus den mannigfachen Paragesteinen des Bedretto und der obern Leventina, der Pioramulde oder der Lucomagnodecke.

Beschränkter ist die Herkunftsmöglichkeit für eine zweite Gruppe von Mineralien, die hauptsächlich für sedimentogene Gesteine typisch sind. Dahin gehören:

| | |
|----------------------|------------|
| Calcit | Epidot |
| Chlorit | Granat |
| Turmalin | Staurolith |
| Grünblaue Hornblende | Disthen |
| Aktinolith | Pyrit |
| Tremolit | Rutil |
| | Sillimanit |

Diese Mineralien stammen sicherlich alle aus den grossen Paragesteinsgebieten im Einzugsgebiet des Tessin.

Als solche kommen in erster Linie in Betracht: die Bündnerschieferzone am Südhang des Bedretto und der obern Leventina bis zur Piottinoschlucht, die Pioramulde zwischen Gotthardmassiv und Lucomagnodecke, der paläozoische Sedimentmantel des Gotthardmassivs mit der bekannten Tremolaserie, die grossen Paragesteinsmassen der Lucomagnodecke und die sedimentogenen Bildungen der Zone von Bellinzona. Die Bündnerschiefer lieferten wohl Calcit, Chlorit, Epidot, auch Granat, Staurolith, Pyrit, Rutil. Pyrit wurde überhaupt fast nur im Bedretto gefunden. Er scheint einen langen Transport nicht auszuhalten und sich zu oxydieren. Im Bedretto und in der Leventina treten zusammen mit den Bündnerschiefern oft auch Triasdolomite auf, in denen Aktinolith und Tremolit bekannte Neubildungen darstellen. Bekannt sind in dieser Hinsicht die Tremolite der Gegend des Campolungo-Passes. Die Tremolitführung in erheblichem Masse beginnt denn auch erst nach dem Passieren dieser Gegend. Aktinolith findet sich in der Tremolaserie (Tremolit bekanntlich nicht, die Namengebung beruht auf einer Verwechslung), von wo auch Granat und die schon mehrfach erwähnte blaugrüne Hornblende her stammt. Ein äusserst reichhaltiges Gebiet in Bezug auf metamorphe Gesteine mannigfacher Art bildet die Pioramulde mit ihren bekannten Staurolith-Disthen-Granat- und Hornblendegesteinen. Das Material dieser Zone gelangt einerseits durch die Val Canaria und den Abfluss des Ritomsees (La Foss) in den Tessin, anderseits aber auch durch den bei Biasca mündenden Brenno aus der Val Blenio. Turmalin ist aus den Schiefen der Bedrettozone bekannt, ebenso recht reichlich aus den Paragneisen der Lucomagnodecke. Sillimanitgneise sind verschiedentlich aus der Wurzelzone bekannt geworden, z. B. aus der Val d'Arbedo. Damit stimmt überein, dass Sillimanit in den Sanden des obern Tessinlaufes fehlt.

Um die Herkunftsbeziehungen genauer aufzudecken, wären bei der orographischen und tektonischen Kompliziertheit des Einzugsgebietes des Tessin, sowie bei der petrographischen Mannigfaltigkeit der dort anstehenden Gesteine eine viel grössere Anzahl Proben nötig. Die vorliegende Untersuchung kann nur eine erste Übersicht bieten. Insbesondere müssten die Untersuchungen auch auf die Nebenflüsse und -Bäche ausgedehnt werden. Im grossen lassen sich jedoch schon jetzt die Herkunftsverhältnisse für alle in den Tessinsanden gefundenen Mineralien befriedigend erklären. Vor

allem ist kein Mineral gefunden worden, für dessen Herkunft sich keine plausible Erklärung geben liesse, oder dessen Herkunft ein Rätsel bedeuten würde. Es soll aber auch nicht verschwiegen werden, dass Mineralien, die aus dem Einzugsgebiet bekannt sind (wenn auch nur in sehr spärlichem Auftreten, wie z. B. die Korunde von Val d'Arbedo oder die Skapolithe von Bellinzona), in den Sanden nicht gefunden wurden. Da diese Mineralien nur in sehr geringer Konzentration auftreten, so wäre zu ihrer Auffindung wohl die Aufarbeitung grösserer Mengen der betreffenden Sande notwendig.

E. Vergleich der Mineralführung der untersuchten Tessinsande mit solchen aus der Gegend von Pavia

Die hier untersuchten Sande entstammen alle, wie schon eingangs erwähnt, dem Flussabschnitt von der Val Bedretto bis zur Mündung in den Lago Maggiore. Der Tessin verlässt den See wieder an seinem südlichsten Punkte bei Sesto Calende, durchquert in SSE-Richtung die Lombardei und ergiesst sich unterhalb Pavia in den Po. Die Sande dieses letzten Stückes, insbesondere aus der Gegend von Pavia, sind von E. ARTINI (Lit. 1) in Bezug auf ihre mineralogische Zusammensetzung untersucht worden, und es ist sehr interessant, seine Resultate mit den hier gewonnenen zu vergleichen.

ARTINI führt 32 Mineralien auf, wogegen die vorliegende Untersuchung auf deren 24 geführt hat (wobei in beiden Fällen Limonit und Serpentin inbegriffen ist).

Die hier gefundenen Mineralien finden sich auch alle in Artinis Liste wieder. Ausserdem enthält sie noch folgende:

| | | |
|------|-----------------------|------------------------|
| Gold | Ilmenit | Basaltische Hornblende |
| | Hypersthen | Andalusit |
| | Augit | |
| | Diallag | |
| | Gew. grüne Hornblende | |

Gold wäre eigentlich in den Tessinsanden zu erwarten gewesen, da es sich in den meisten alpinen Flussanden findet und ausserdem Goldquarzgänge z. B. aus dem Gotthardtunnel bekannt sind. Für sein Nichtauffinden kann kein plausibler Grund angegeben werden. Immerhin ist mir nicht bekannt, dass jemals im hier untersuchten Gebiet mit Erfolg Gold gewaschen wurde, wie dies in vielen andern schweizerischen Flüssen in frühern Zeiten geschah.

Artini gibt an, dass ein fleissiger Arbeiter in der Gegend von Pavia leicht 2—3 Gramm pro Tag gewinnen könne. Wäre das Gold in den hier untersuchten Sanden in ähnlicher Konzentration vorhanden, so wäre es wohl sicher nicht unbemerkt geblieben. Im Folgenden soll noch einmal auf diese Frage zurückgekommen werden. Weder zur gewöhnlichen grünen, noch zur basaltischen Hornblende, die Artini anführt, wurde von mir etwas Analoges beobachtet. Andalusit stammt vielleicht aus der Wurzelzone. Was hingegen die besonders für basische Gesteine charakteristischen Mineralien Ilmenit, Hypersthen, Augit, Diallag anbelangt, so darf wohl mit Recht vermutet werden, dass sie aus der Zone von Ivrea stammen, wo solche Gesteine eine grosse Verbreitung haben. Dass es sich beim Ilmenit um keinen grossen Transportweg gehandelt haben kann, ergibt sich auch aus der Tatsache, dass von Artini messbare, flächenreiche Kristalle gefunden wurden, die so gut erhalten waren, dass er daran das Achsenverhältnis mit grosser Genauigkeit ermitteln konnte. Die Ivreazone könnte unter Umständen auch die Heimat der oben erwähnten gewöhnlichen grünen Hornblende sein, da Amphibolite dort in grossem Umfange auftreten. Zusammenfassend lässt sich somit feststellen, dass für alle Mineralien, die sich in den Tessinsanden von Pavia finden, aber in den Sanden des Flussteiles oberhalb des Lago Maggiore zu fehlen scheinen, plausible Annahmen über ihre Herkunft möglich sind.

Bei Vermutungen über den Ursprungsort von Mineralien, die in den Tessinsanden nach dem Austritt des Flusses aus dem Lago Maggiore gefunden wurden, dürfen natürlich zwei Punkte nicht ausser Acht gelassen werden. Erstens einmal kommt nicht bloss das Material des Tessinlaufes selbst in Betracht, sondern eventuell von früher her auch dasjenige der Einzugsgebiete aller jetzt in den Lago Maggiore mündenden Flüsse und Bäche, also z. B. auch der Toce, um nur den bedeutendsten zu nennen. Da die Toce Gebiete entwässert, die für ihren Goldgehalt bekannt sind (Gondo am Simplon), so wäre hiemit eine Herkunftsmöglichkeit für das in den Tessinsanden von Pavia gefundene Gold gegeben. In diesem Zusammenhange mag ferner erwähnt werden, dass kleinere Gold-Arsenkiesvorkommnisse auch aus dem Gebiet des nördlichen Teils des Lago Maggiore bekannt sind.

Der zweite Punkt, der nicht ausser Acht gelassen werden darf, ist der, dass der Fluss bei seinem Austritt aus dem See, von Sesto Calende an, eine Moränenlandschaft von sehr grossem Ausmass durchfliesst und somit eine wahre Musterkollektion aller Gesteine

findet, die im Einzugsgebiet des ehemaligen Tessingletschers im weitesten Sinne anstehen. Die Mineralien, für die oben die Zone von Ivrea als Heimat vermutet wurde, können also ebenso gut aus dem Moränenmaterial dieser Gegend stammen, natürlich auch das Gold.

F. Verzeichnis der benützten Literatur

1. *Artini, E.* Intorno alla composizione mineralogica delle sabbie del Ticino. Giorn. di Min. Crist. e Petr. dir. dal Dott. Sansoni. Vol. II. Fasc. 3. Pavia 1891.
2. *Baker, H. A.* On the investigation of the Mechanical Constitution of Loose Arenaceous Sediments by the method of Elutriation, with special reference to Thanet Beds of the Southern Side of the London Basin. Geol Mag. LVII, 1920, p. 321, 363, 411, 463.
3. *Boswell, P. G. H.* British Resources of Sands and Rocks used in Glassmaking. 2nd compl. ed. London, Longmanns, Greene & Co. 1918.
4. — British Resources of Refractory Sands for Furnace and Foundry Purposes. London, Taylor & Francis, 1918.
5. *Geographisches Lexikon der Schweiz*, Neuenburg 1902—10. Artikel: „Bedretto“, „Leventina“, „Tessin“ etc.
6. *Holmes, A.* Petrographic Methods and Calculations. London, Murby, 1921.
7. *Larsen, E. S.* The Microscopic Determination of the Nonopaque Minerals. U. S. Geol. Surv. Bull. 679. Washington D. C. 1921.
8. *Liechti, W.* Geologische Untersuchungen der Molassenagelflurregion zwischen Emme und Ilfis (Kt. Bern). Beitr. z. geol. Karte der Schweiz, N. F. 61. Diss. Bern. Bern 1928.
9. *Milner, H. B.* An Introduction to Sedimentary Petrography. London, Murby, 1928.
10. — Supplement to an Introduction to Sedimentary Petrography. London, Murby, 1926.
11. *Niggli, P.* Tabellen zur allgemeinen und speziellen Mineralogie. Berlin, Bornträger, 1927.
12. *Raeburn, C. und Milner, H. B.* Alluvial Prospecting. London, Murby, 1927.
13. *Rosenbusch, H.* Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien I. 2. Spez. Teil von O. Mügge. V. Aufl. Stuttgart, Schweizerbart, 1927.
14. *Wasserkräfte der Schweiz, Die.* Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft. Bern 1916.
 - I. Die Flächeninhalte der Einzugsgebiete.
 - II. Die Wassermengen.
 - III. Die Längsprofile.
15. *Wasserverhältnisse der Schweiz, Die.* I. Flächeninhalte der Einzugsgebiete. 7. Tessin- und Addagebiet. Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft. Bern 1913.

Karten

Topographischer Atlas der Schweiz 1 : 50 000. Blätter: 491 (St. Gotthard), 503 (Faido), 507 (Peccia), 508 (Biasca), 512 (Osogna), 515 (Bellinzona).

Fritsch, K. v. Geognostische Karte des St. Gotthard. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. Spezialkarte 6. 1873.

Preiswerk, H. Geologische Karte des obern Tessin- und Maggiagebietes. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. Spezialkarte 81. 1918.

Staub, R. Tektonische Karte der südöstlichen Schweizeralpen. Beitr. z. geol. Karte der Schweiz. Spezialkarte No. 78. 1918.

Zürich, 28. Mai 1929, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule.

Manuskript eingegangen den 9. November 1929.
