

P. Damian Buck

Berichte

der Schwyz. Naturforschenden Gesellschaft

Zweites Heft
1936/1938

Redaktion:
Dr. P. Damian Buck

VERLAGSANSTALT BENZIGER & CO. AG., EINSIEDELN

Berichte der Schwyz. Naturforschenden Gesellschaft

Zweites Heft
1936/1938

Redaktion:
Dr. P. Damian Buck

VERLAGSANSTALT BENZIGER & CO. AG., EINSIEDELN

Dr. Alois Bettschart
Schlappig 12
8847 Egg-Einsiedeln

*Persönliches Exemplar von
P. Damian Buck*

Inhalt

I. Gesellschaftschronik:

Allgemeiner Bericht	3
Bericht über die Hauptversammlungen, Referenten, Referate und Exkursionen	4
Lesemappen und Bibliothek	6

II. Wissenschaftlicher Beitrag:

Dr. August Müller: Die mechanische und mineralogische Konstitution der Saanesande . . .	7
---	---

I. Gesellschaftschronik.

Allgemeiner Bericht

Die am 2. Dezember 1932 gegründete Schwyz. Naturforschende Gesellschaft war bis heute eifrig bestrebt, ihre Aufgabe im Bereiche der Möglichkeit zu lösen. Bekanntlich ist aller Anfang schwer, und die Gesellschaft steht immer noch im Anfang ihres Werdens, d. h. es wickelt sich noch nicht alles selbstverständlich ab, und die Wege sind noch nicht alle vollendet gebahnt. Nicht unbedeutende Schwierigkeiten bieten zweifellos die Tatsachen, daß der Kanton keinen zentralgelegenen Hauptort besitzt und die Verkehrsverhältnisse nicht ideal sind. Doch wird die Gesellschaft unentwegt und mutig den eingeschlagenen Weg weiterschreiten und die sich in den Weg stellenden Schwierigkeiten kalt zu überwinden suchen. Es ist ja aller Mitglieder Wunsch, daß die Beziehungen und der Austausch der Beobachtungen zwischen den Beobachtern und dem Vorstand noch reger sich gestalten als bisher und die wissenschaftliche Tätigkeit der Mitglieder sich mehre.

Das erste Heft unserer Berichte erschien im Jahre 1935, anlässlich der Jahresversammlung der S. N. G. in Einsiedeln. — Heute ist die Schwyz. N. G. in der Lage, ein zweites Heft ihrer «Berichte» erscheinen zu lassen, und zwar infolge der gründlichen wissenschaftlichen Arbeit über die Untersuchung der Saanesande von Herrn Dr. Aug. Müller, Prof. am Lehrerseminar Schwyz, die andere Wissenschaftler zu ähnlichen Untersuchungen anspornen möge.

Wie die meisten Zweiggesellschaften der S. N. G. hat auch die Schwyz. N. G. den Naturschutzgedanken angelegentlich zu verwirklichen gesucht. Den Schongebieten für Hochwild, die Adler eingeschlossen, und für Wasservögel schenkte sie ihre besondere Aufmerksamkeit. Der neue Präsident der Naturschutzkommission, Herr Major Hans v. Reding, hat in Verbindung mit der hohen Regierung an der Rigilehne ein bedeutungsvolles pflanzliches und zoologisches Reservat schaffen können.

Leider aber wagte es die hohe Regierung, vor dem Volke ein Projekt über den Ausbau der Hurdenerstraße zu befürworten, das unverhältnismäßig mehr Kosten erfordert als andere vorliegende Entwürfe, die zum gleichen Ziele führen würden. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, als wolle

eine Baggerfirma ihre materiellen Interessen gegenüber den ideellen des Naturschutzes durchdrücken. Dieser ist in der Lage, die jahrhundertalte Ruhe des Frauenwinkels mit seinen einzigen, noch ansehnlichen Schilfbeständen im untern Zürichsee gebührend einzuschätzen, in denen eine der Landwirtschaft nützliche Vogelwelt ihr Fortpflanzungsgeschäft besorgen kann. Ein Durchstich der Hurdener Landzunge wäre zur rationellen Geradlegung der Straße Pfäffikon-Rapperswil nicht gefordert. Die heute vorliegenden Pläne gewisser Ingenieure beweisen das, denn es könnte durch eine geringe Höherführung von Bahn und Straße ein Durchlaß geschaffen werden, der für alle überhaupt in Betracht kommenden Schiffstypen genügen würde.

Pläne für Schongebiete am neuen Stausee des Hochtales von Einsiedeln sind in Vorbereitung. Beabsichtigt ist die Einführung der Uferschwalbe, welches Unternehmen sich nicht so leicht gestalten dürfte. Wintergäste sind auf dem Sihlsee keine zu beobachten, ist er doch zugefroren und beinahe ganz abgelaufen.

Der Abschluß der Wasservögel auf dem Sihlsee war zur Jagdzeit ein allzu leidenschaftlicher und daher in bezug auf die Anzahl der erlegten Exemplare ein nachteiliger.

Zur Zeit hat Herr Oberförster Karl Benziger den Entwurf einer neuen Pflanzenschutzverordnung aufgestellt, wozu der S. B. N. Tabellen der zu schützenden Pflanzen, gut gezeichnet und koloriert, in Aussicht gestellt hat.

Als drittes Ehrenmitglied wurde 1936 in Anerkennung seiner Mitarbeit an unserer Aufgabe und seines der Schwyz. N. G. entgegengebrachten Wohlwollens H. H. Stiftsabt Dr. Ignatius Staub in Einsiedeln einstimmig ernannt.

Bericht über die Hauptversammlungen, Referenten, Referate und Exkursionen

1935, 17.—21. August: Organisation der 116. Jahresversammlung der S. N. G. in Einsiedeln.

- 17. Aug. Begrüßungsansprache des H. H. Ehrenpräsidenten der Tagung, Stiftsabt Dr. Ignatius Staub.
- Eröffnungsrede des Jahrespräsidenten H. H. Dr. phil. P. Damian Buck: «200 Jahre geologischer Forschungstätigkeit im Kt. Schwyz.»

- 1. Hauptvortrag: Herr Prof. Dr. A. Hagenbach, Basel: «75 Jahre Spektralanalyse.»
- 18. Aug. Herr Oberingenieur O. Krause: «Das Etzelwerk.» Herr Oberst E. Tenger, Bern: «Tätigkeit des Naturschutzbundes.»
- Herr Dr. Fritz Medicus, E. T. H., Zürich: «Die wissenschaftliche Bedeutung des Paracelsus.»
- Herr Dr. Linus Birchler, Zürich: «Die Jugendzeit des Paracelsus.»
- Herr Dr. E. Bächler, St. Gallen: «Die ältesten prähistorischen Stätten der Schweiz.»
- 20. Aug. 2. Hauptvortrag: Herr Prof. Dr. A. Ursprung, Freiburg: «Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die osmotischen Zustandsgrößen.»
- 3. Hauptvortrag: Herr Prof. A. Jeannet, Zürich: «Avec un Géologue à travers le Canton Schwyz.»
- 4. Hauptvortrag: Herr Prof. Dr. W. Löffler, Zürich: «Individual- und Gruppenmedizin.»

Vereinsjahr 1936/37:

- 15. Dez. I. Hauptversammlung der Schwyz. N. G. in Brunnen (Weißes Kreuz): Lichtbildervortrag von Herrn Prof. Dr. H. Brockmann-Jerosch, Zürich, über «Die Herkunft unserer Wirtschaftspflanzen.»
- 29. März, II. Hauptversammlung in Einsiedeln (Hotel Pfauen). Vortrag von Herrn Prof. Dr. L. Weber, Freiburg: «Die Mineralien der Schweiz.»
- 19. Juli. III. Hauptversammlung als Exkursion durch die Moore des Sihlseegebietes, wobei P. Damian Buck geologische und zoologische und Herr Oberförster K. Benziger botanische Aufklärungen gab. — Herr Ingenieur Wolf sprach über Staumauer und Stollen und Herr Ingenieur Schneider über den Hühnermatt-damm.

1937/38, 20. Dez. I. Hauptversammlung in Gersau (Schulhaus): Lichtbildervortrag von Herrn Kantonsförster Dr. Max Öchsli, Altdorf, über Skandinavien.

- 25. April. II. Hauptversammlung im Restaurant Bächau, Schwyz. Vortrag mit Filmvorführung von Prof. Dr. E. Waser, Zürich: «Die Lebewesen in den Abwässern der Stadt Zürich.»

22. Aug. III. Hauptversammlung als Exkursion in den Goldauer Bergschutt. Vortrag über die prähistorischen und historischen Bergstürze am Roßberg von Dr. phil. J. Kopp, Ebikon. — P. Damian behandelte das Allgemeine über die Nagelfluh der Schweiz und Oberförster K. Benziger übernahm die botanische Führung durch den Bergschutt. Hernach besuchte man den Goldauer Naturtierpark, und am Schlusse der Tagung wurden die Teilnehmer überrascht durch eine instructive Ausstellung von Gegenständen, Funden, Karten und Büchern über den Bergsturz von 1806, die in zuvorkommendster Weise die Herren Gebr. Simon, Bahnhofbuffet, veranstaltet hatten.

13. Dez. I. Hauptversammlung im Saale des Hotel Taube in Einsiedeln.

Lichtbildervorträge:

1. Prof. Dr. C. Schröter: «Wie Pflanzen und Tiere einander nützen und schaden.»
2. Martin Zimmermann, Brunnen: «Schönheiten der Schwyzerberge.» (Neue Art von Farbenphotographie.)

Lesemappen und Bibliothek

Durch die Abgabe des 1. Heftes unserer «Berichte» ist unsere junge Gesellschaft mit den meisten andern Zweiggesellschaften in Tauschverkehr getreten, der sich stetig erweitert. Wir danken angelegentlich für die verschiedenen Zuwendungen an unsere Bibliothek.

Anfangs wurden die Lesemappen in bestimmten Hotels der größern Ortschaften des Kantons aufgelegt, welche Methode sich nicht als zweckmäßig erwies. Heute bekommen die Gesellschaftsmitglieder, die sich als Leser anmelden, die Mappen zum bessern Studium ins eigene Heim. Die Zunahme der Interessenten beweist, daß diese Annehmlichkeit gewertet wird.

Für die Bibliothek sind zwei große Kasten im «Alten Schulhaus» Einsiedeln aufgestellt worden. Ein erstes Verzeichnis mit 99 Nummern hat der Aktuar seinerzeit den Gesellschaftsmitgliedern zugestellt. Eine Zunahme der Bibliothekbenützer wird erwartet.

II. Wissenschaftlicher Beitrag.

Die mechanische und mineralogische Konstitution der Saanesande

Von Dr. August Müller, Prof. am Lehrerseminar Schwyz

I. Die Saane und ihr Einzugsgebiet.

1. Geographische Lage des Saanegebietes.

Die Saane ist ein wichtiger Nebenfluß der Aare, mit der sie sich einige Kilometer unterhalb Bern vereinigt. Sie entwässert den Großteil des Kantons Freiburg, außerdem Bezirke der Kantone Bern, Waadt und Wallis. Das Einzugsgebiet wird mit 1892,001 km² (Lit. 53) angegeben. Es übertrifft also das des Tessin (1616,21 km²) etwa um $\frac{1}{6}$ und beträgt nahezu $\frac{3}{5}$ desjenigen der Aare oberhalb der Saanemündung (3201,926 km²). Die Grenzen des Saanegebietes sind im Geographischen Lexikon der Schweiz (Lit. 18, Bd. IV, S. 289) eingehend beschrieben. In Fig. 1 sind sie durch die strichpunktierte Linie eingetragen und durch einige bekanntere Gipfelpunkte präzisiert. Weitere Angaben erübrigen sich.

2. Tektonische Übersicht des Saanegebietes.

In geologischer Hinsicht zerfällt das Einzugsgebiet der Saane in zwei der Größe nach ungefähr ebenbürtige Teile: im Norden das dem schweizerischen Mittelland zugehörige Molassegebiet und im Süden das einen Ausschnitt des Alpenkörpers darstellende Gebiet älterer geologischer Formationen. Letzteres gliedert sich in Kalkhochalpen, Sattelzone, Niesenzone, Zone der romanischen Decken und Externzone (Fig. 1).

1. Die Kalkhochalpenzone liegt in einer tiefen axialen Einsattelung der nördlichen Hochalpen. Die unteren Deckensysteme blieben deshalb vor der Erosion bewahrt. Der kristalline Gebirgskern ist nirgends freigelegt. Weit aus der größte Teil dieser Zone wird im Saanegebiet von der obersten helvetischen Decke, der *Wildhorndecke*, eingenommen. An der westlichen Grenze, in den steilen Felshängen des Creux de Champ, hat die Erosion noch die *Diableretsdecke* freigelegt. Diese bildet auch die westliche und südliche Umrahmung des Zanfleuron-

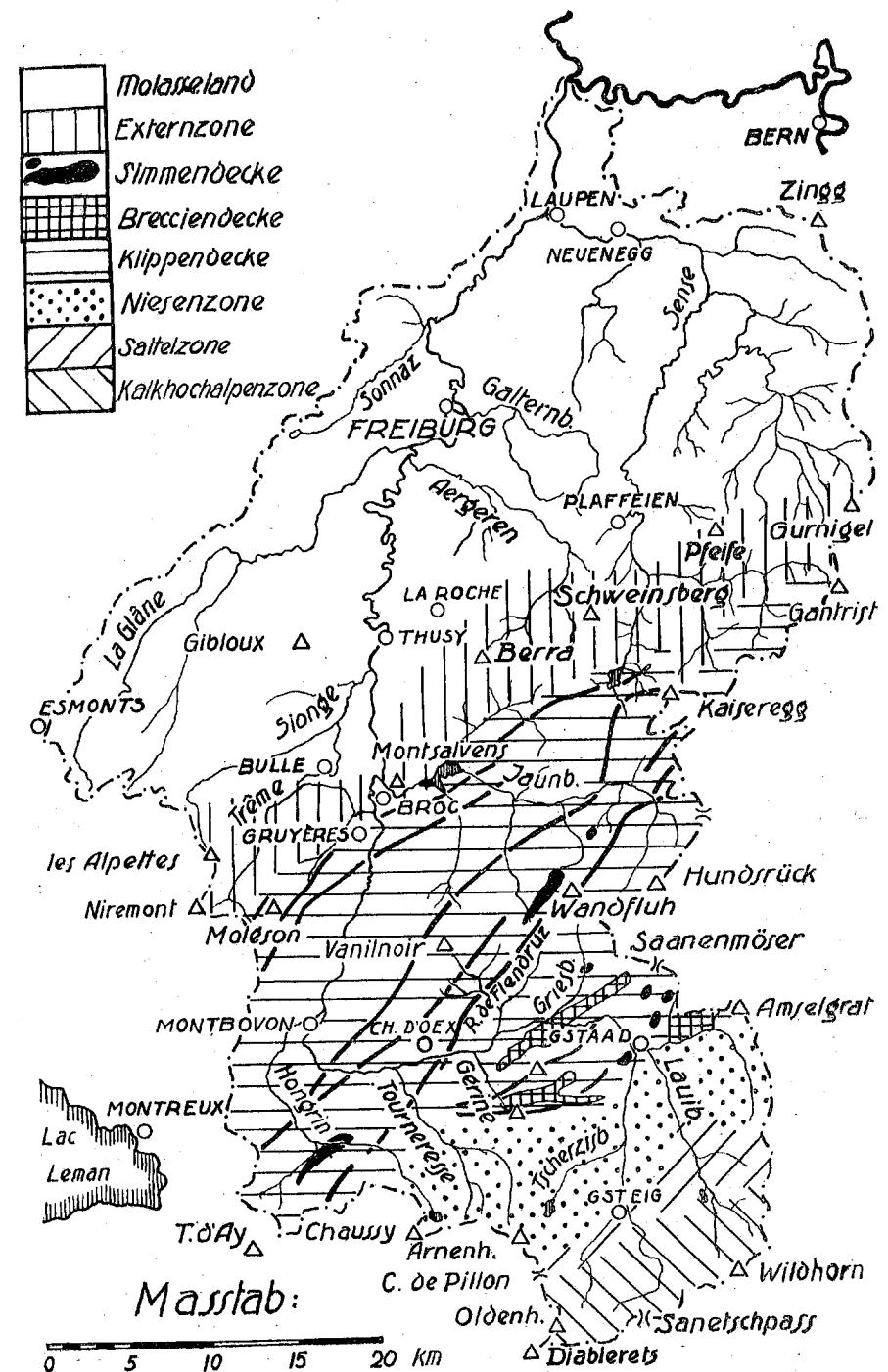
gletschers, ist weiterhin bis ungefähr zur Sanetschpaßhöhe aufgeschlossen und wird auf der Oldenalp sowie bei Inner-Gsteig durch zwei Fenster in der Wildhorndecke noch einmal sichtbar (Tavayannazsandstein).

2. Nördlich der Kalkhochalpen liegt das hügelige Band der Sattelzone (Zone des Cols oder *Préalpes internes*); tektonisch gehört ihr alles zu, was über der Wildhorndecke und unter der Niesendecke liegt (Lit. 25, Bd. II, S. 461).

3. Die Niesenzone ist die nach Norden überschobene Stirnwelle einer der penninischen Decken. Vom Niesen her erstreckt sie sich in südwestlichem Zuge bis zur Rhone und erreicht bei einer größten Breite von 10 km eine Mächtigkeit von 2 bis 3 km (Lit. 25, Bd. II, S. 584).

4. Die Zone der romanischen Decken umfaßt ein zusammenhängendes Kettengebirge, das sich von der Aare bis zur Arve hinzieht und die von ihren kristallinen Kernen losgeschürften Stirnregionen unterostalpinen Decken darstellt (Lit. 25, Bd. II, S. 589). Man unterscheidet drei Stufen, die in Reihenfolge von unten nach oben als *Klippen-*, *Breccien-* und *Simmendecke* bezeichnet werden. Die Klippendecke (in Fig. 1 horizontal schraffiert) ist an Ausdehnung und Mächtigkeit — besonders im Saanegebiet, das hier wie immer allein in Rede steht — weitaus die bedeutendste und beherrscht durch ihre Faltenwürfe den Aufbau der ganzen Zone. Ihre Antiklinalen (aus Fig. 1 ersichtlich) und Synklinalen werden von der Saane und ihren Nebenflüssen mehrfach in schluchtartigen Quertälern durchbrochen, so daß die ganze Schichtreihe dieser Decke vom Saanewasser wiederholt bespült wird. — Von den höheren Decken, der Breccien- und der Simmendecke (in Fig. 1 gegittert bzw. schwarz, nicht zu verwechseln mit den Antiklinalen), sind im Saanegebiet nurmehr unzusammenhängende Fetzen vorhanden, die den südlicheren Synklinalen der Klippendecke eingestreut sind.

5. Die Externzone bildet im Saanegebiet die nördliche Umrahmung der romanischen Decken und damit der Alpen überhaupt. In ihr sind zwei in der Zeichnung nicht angedeutete Elemente auseinanderzuhalten: die *ultrahelvetischen Deckenreste* und der *Flysch der Voirons-Gurnigelzone*. Erstere sind im Saanegebiet bloß als einzelne Fetzen erhalten. Sie erfüllen z. T. die Niederung zwischen Bulle und Broc und bilden das Massiv des Montsalvens. Ihrer Herkunft nach stellen sie vermutlich abgerissene und verschleppte Teile der Sattelzone dar (Lit. 8).



Figur 1. Die tektonischen Zonen des Saanegebietes.

Weiter nach Osten werden sie nur noch als schmale, in den Flysch der Berrakette eingewickelte, unzusammenhängende Lamellen und Linsen gefunden.

Das mächtige Flyschband, das durch die heranbrandenden romanischen Decken von den ultrahelvetischen Decken abgerissen und nach Norden über die Molasse gestoßen wurde, baut westlich der Saane die Niremunt-Alpetteskette auf und bildet östlich derselben den durch Berra, Schweinsberg, Pfeife und Gurnigel markierten Zug.

6. Der nördlich der Voralpen liegende Teil des Saanegebietes gehört zum schweizerischen Molasseland. Nach Baumberger (Lit. 4) ist im Saanegebiet längs der Linie Le Crêt—Rueyres—Sorens—La Roche—Plasselb—Plaffeyen—Rüschegg die «subalpine» Molasse als Scholle auf die miozäne Molasse des Mittelandes überschoben. Nördlich dieser Überschiebungszone zeigt die miozäne Molasse eine gut erkennbare Antiklinale mit steilem Süd- und sehr flachem Nordschenkel. Im Westen des Saanegebietes verläuft sie nahe der nördlicheren Überschiebungslinie, berührt den Fuß des Gibloux und zieht ostwärts über Le Bry, Zénauva, Gauglera zur Sense hinüber.

3. Die Gesteine des Saanegebietes.

Die mineralogische Zusammensetzung der Flußsande ist in erster Linie durch die Petrographie des Flußgebietes bedingt. Angaben über den Mineralgehalt der vorkommenden Gesteine wären daher höchst wertvoll. Leider sind in der Literatur petrographische Beschreibungen von Gesteinen des Saanegebietes nur spärlich zu finden. Im folgenden seien aus einer Reihe geologischer Arbeiten (vgl. Lit.: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54) die Gesteinsarten, die in den einzelnen Zonen des Saanegebietes aufgeschlossen sind, samt den für die Sanduntersuchung wichtigen Merkmalen kurz zusammengestellt.

Im Gebiet der helvetischen Kalkhochalpen herrschen die *Kalksteine* vor: fast reine, kompakte Kalkmassen (dicht, oolithisch, auch echinodermenhaltig); feinsandiger Kieselkalk (oft reich an porösen Kieselknollen oder Echinodermentrümmern und Glaukonitkörnern); fein oolithischer Kalkstein mit Kieselknollen; dünne, oft knollige, mit Mergeln wechsellagernde Kalk-

bänke; Foraminiferen- und Lithothamnienkalke. — Bedeutungs- voll für die Sandzusammensetzung in diesem Gebiet sind mächtige *Mergelschichten*. Gewaltige Schlammkegel auf dem Sanetsch- plateau bestehen ausschließlich aus solchen leicht verwitter- baren, weichen, bröckeligen, blaugrauen, pyrithaltigen Mergel- massen. Anstehend sind feinsandige, oft glimmerhaltige Glo- bigerinenschiefer. — Untergeordnete Bedeutung haben die *Sand- steine*, seien es nun kompakte Quarzsandsteine mit groben Quarzkörnern oder in kleinen Aufschlüssen zutage tretende Tavayannazsandsteine.

Die charakteristischen Gesteine der Sattelzone sind *Gips* und *Rauhwacke*. Der Gips enthält viele Einschlüsse von Kalk- steinteilchen und tonigen Mergeln. Die Rauhwacke ist Zellen- dolomit mit mancherlei Einschlüssen (grüne Schiefer, Quarz- körner, Kalkbruchstücke und kleinere Gerölle) und wird auch etwa von dolomitischen Kalken begleitet. — Im östlichen Teil des Saanegebietes treten z. T. spätige und oolithische, z. T. dichte bis feinkörnige *Kalksteine* auf. Auch Kieselkalke kommen vor. — Weite Verbreitung in dieser Zone besitzen dunkelgraue, blätterige, leicht zerbrechliche *Mergel*, nebst solchen, die glim- mer- und pyrithaltig sind. — *Sandsteine* finden sich besonders im Flysch. — Wiederum mehr im östlichen Teile der Zone stehen an: *Konglomerate* (Kalk- und Kieselgerölle), *Kalkbreccien* (kal- kige, dolomitische, schiefrige, kieselige und kieselkalkige Frag- mente) und *polygene Breccien* (Fragmente von Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Kiesel, Malmkalk usw.).

In der Flyschmasse der Niesenzone haben dichte, auch sandig-glimmerhaltige oder feinkörnige, kieselige *Kalksteine* keine große Verbreitung. Vorherrschend sind dunkle *Schiefer*, sowie *Sandsteine*. Durch Glimmerführung werden diese schiefrig; wenn sehr grob (mit kristallinen Fragmenten), zeigen sie Über- gänge zu feinen Breccien. Häufig und oft sehr mächtig sind feine bis grobe polygene *Breccien* und *Konglomerate*. Ihre Kom- ponenten sind verschiedene Granite und Gneise, grüne Ton- schiefer, Quarzite, Dolomite, Kalke. An Mineralien enthalten sie Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Biotit, Muskowit, Granat, Magnetit, Zirkon, Pyrit, Calcit. — Bei Gsteig werden grüne Casanna- schiefer (kleine Aufschlüsse) von Quarzit, Quarzitphyllit, zucker- förmigem Dolomit, grünem Phyllit, Dolomitkalk überlagert.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der in der Zone der romanischen Decken vorkommenden Gesteine hat A. Jeannet

gegeben (Lit. 25, Bd. II, S. 632). Darnach hat der in den Kernen der Antiklinalen aufgeschlossene *Gips* ähnliche Ausbildung wie in der Sattelzone. Begleitet oder ersetzt wird er von *dolomitischen Kalken*. — Mannigfaltig sind die *Kalksteine*: Korallen-, Spongien- und Foraminiferenkalke. Dahin gehören auch Muscheltrümmerbänke, Echinodermenbreccien, Spatkalke und Kalke mit Radiolarien. Oolithische Kalke sind seltener, Knollenkalke häufig. Die Kalke können alle möglichen Übergänge zu Kieselkalken, Mergeln, Sandsteinen, Radiolariten aufweisen. — Die *Mergel*, besonders mit ihren Übergängen zu den Kalken, besitzen eine weite Verbreitung. Auch Übergänge zu $\pm$ festen Schiefern sind häufig. — Ein größerer oder kleinerer Kieselgehalt, den die Gesteine der romanischen Decken gerne aufweisen, kann gleichmäßig verteilt (z. B. *Kieselkalke*) oder zu *Feuersteinknollen* konkretioniert sein. Letztere treten fast in allen kalkigen Schichtgruppen auf. — In der Simmendecke sind *Radiolarite* vorhanden. — *Sandsteine*, *Breccien* und *Konglomerate* sind reichlich vertreten, letztere zwei mit besonderer Mächtigkeit in der nach ihnen benannten Brecciendecke. Hier bestehen die Gesteinsbruchstücke aus Dolomiten, dichten oder körnigen dolomitischen Kalken, glimmerhaltigen Karbonschiefern, Quarziten, Schiefern. — Das *Mocausakonglomerat* (benannt nach der Lokalbezeichnung eines Tümpels, der temporär in der Flyschmulde zwischen der Gastlosen- und Vanilnoir-Antiklinale erscheint) besteht aus Kalk und beigemengten Kieselgeröllen. — *Kohle* (Flötze, Linsen, kohlige Schiefer) tritt hauptsächlich in der Gastlosen- und Rubli-Gummfluh-Antiklinale auf. — In den südlich der Gastlosenkette liegenden Fetzen der Simmendecke wurden neben vereinzelt pegmatitischen Graniten *basische Eruptiva* gefunden: Diabase, Diabasporyphryte, Ophite, Variolite, Melaphyre, Spilite, Kersantite, Gabbros, Serpentine. — Zu erwähnen sind die hin und wieder auftretenden *Phosphoritknollen*. — *Pyrit* (fast in allen Schichten, oft größere Konkretionen bildend) und *Glimmer* sind häufig in den Gesteinen eingeschlossen.

Über die Petrographie der Externzone orientieren die Arbeiten von O. Büchi und J. Tercier mit vielen Dünnschliffbeschreibungen (Lit. 8, 49). Unter den *Kalksteinen* der ultrahelvetischen Deckenreste werden genannt: harte, dichte, z. T. brecciöse Kalke; mikrokristalline bis dichte Knollenkalke; oolithische, pyrithaltige Kalke; Echinodermenbreccien (oolithisch oder klingend hart, auch grobe Quarzkörner führend); dichte

calcit-, quarz-, pyrit- und glaukonithaltige Kalke; spätige Kalke; feinkörnig-sandige oder glimmersandige Kalke; dichte Kieselkalke; sandige und quarzsandige Kalke mit Glaukonit und Pyrit¹. — Die *Schiefer* sind gerne glimmer- und quarzsandig. — Die *Sandsteine* enthalten neben Quarz, Calcit und Pyrit vielfach Glaukonit.

In der Flyschzone haben die *Kalksteine* nur untergeordnete Bedeutung. An Mineralien enthalten sie Calcit, Quarz, Orthoklas, Plagioklas, Glimmer. — *Gips* ist an der Berra aufgeschlossen. — Weitaus die größte Verbreitung in der Flyschkette haben fein- bis grobkörnige *Sandsteine*, die in Breccien und Konglomerate übergehen können. Bemerkenswert ist das Auftreten von Quarzitsandstein. Arkosesandsteine sind häufig (bei Anwesenheit von Glimmer mit granitischem Aussehen). In den Sandsteinen bestimmte Tercier Quarz, Orthoklas, sauren Plagioklas, Mikroklin, Calcit, Glaukonit, Biotit, Muskowit, Chlorit und Pyrit. — Die *Breccien* sind hauptsächlich polygener Natur. Ihre Bestandteile sind verschiedene Granite, Quarzporphyr, Chloritschiefer, Malmkalk usw. — Die *Konglomerate* bestehen aus Graniten, Gneisen, Hornblendeschiefern, Kalken. — Große Verbreitung besitzen auch die *Mergel*. Bei ihnen kann das Verhältnis des Tongehaltes zum Kalkgehalt stark wechseln. — Von besonderem Interesse sind die *exotischen Blöcke*: Granite, Porphyre, Aplite, Pegmatite, Gneise, kristalline Schiefer, Diorite, permisch-karbonische Gesteine, mesozoische Kalke. In ihnen stellte Tercier folgende Mineralien fest: Quarz, Orthoklas, Mikroklin, saure Plagioklase, Biotit, Muskowit, Apatit, Calcit, Epidot, Hämatit, Hornblende, Zirkon, Pyrit, Limonit, Klinozoisit, Rutil, Magnetit, Chlorit, Augit, Sphe, Turmalin, Glaukonit, Chalcedon, Kaolinit.

Die Gesteinsarten des Molasselandes sind Nagelfluh, Sandstein und Mergel. Als Komponenten der *Nagelfluh* treten hauptsächlich Sandsteine auf. Zu ihnen gesellen sich reine (auch tonige oder sandige) Kalke, Radiolarite, Verrucanogesteine, Quarzite, Granite, Diorite, Porphyre. — Die *Molassesandsteine* des Saanegebietes werden wegen ihres hohen Kalkgehaltes in der Hauptsache zu den Kalksandsteinen gerechnet. Das Bindemittel ist Calcit, in der subalpinen Molasse stellenweise durch Kieselsubstanz ersetzt. Nach A. Erni und H. Bueß (Lit. 9) ist die Zahl der in den Molassesandsteinen gefundenen Mineralien recht groß:

¹ Größere Pyrit- und Markasitvorkommen sind von Cerniat bekannt (Lit. 38).

Calcit, Quarz, Orthoklas, Mikroklin, Plagioklas, Muskowit, Biotit, Chlorit, Granat, Epidot, Turmalin, Rutil, Titanit, Serpentin, Pyrit, Glaukonit usw. Ferner finden sich auch Körner von Radiolariten, Quarziten, Apliten, Kalk- und Dolomitgesteinen. — Die *Mergel* des Molasselandes sind sandig, tonig, blätterig bis schieferig. Sie können überall in der Molasse in $\pm$ großer Mächtigkeit auftreten. Allgemein werden sie mit größerer Entfernung von den Alpen mächtiger. Lokal können sie einen ansehnlichen Kalkgehalt aufweisen und Übergänge zu Kalkmergeln und Mergelkalken bilden.

Nebst den anstehenden Gesteinen sind für die Zusammensetzung der Saanesande auch die *glazialen Ablagerungen* von großer Wichtigkeit. Sie wurden von Fr. Nußbaum eingehend beschrieben (Lit. 39). Zwei große Gletscherströme überfluteten das Gebiet: der Saanegletscher im Süden und der Rhonegletscher im Norden. Sense- und Aaregletscher hatten nur untergeordnete Bedeutung. Der Saanegletscher bedeckte das ganze Gebiet der Kalkhochalpen und der Voralpen mit Ausnahme des heutigen Sense- und Trêmeoberlaufes. Der Rhonegletscher trat zwischen Moléson und Niremont in das Saanegebiet herein. In der Ebene von Bulle staute er den Saanegletscher und trug ihn auf seiner rechten Flanke weiter. Diese zog sich an den N-Abhängen der Berra und Pfeife entlang bis zum Gurnigel hin. Das nördlich dieser Linie liegende Gebiet war ganz vom Rhonegletscher eingenommen. Bei Plaffeyen staute dieser den Sensegletscher. Der Aaregletscher reichte nur mit einigen Lappen in das Saanegebiet herein, so in den Lücken Gurnigel-Giebelegg, Giebelegg-Fultigenegg, Fultigenegg-Bütschelegg.

Das Einzugsgebiet des Saanegletschers stimmt im wesentlichen mit dem heutigen Saanegebiet überein. Der Gletscher streckte höchstens einige Arme (z. B. über den Saanemöser) in Täler hinüber, die jetzt zu andern Flußgebieten gehören. Die Saanegletscherablagerungen im heutigen Saanegebiet haben also für unsere Sande nur insofern Bedeutung, als Gesteinsmassen, die bloß im Saaneoberlauf anstehen, sich durch Verschleppung nun auch talabwärts vorfinden. Demgegenüber enthalten die Ablagerungen des Rhonegletschers Gesteinsarten, die dem Saanegebiet ursprünglich fremd¹ sind: verschiedenste Granite und Protogine, Arollagneise, Arkosen, mannigfaltige Glimmerschiefer,

¹ Bei Grangettes (Kt. Freiburg) fand ich anlässlich einer Exkursion einen kleinen erratischen Block mit Bleiglanzkrystallen.

Eklogite, Smaragdit-Saussurit-Gabbro, Serpentine, Diorite, Quarzite. Schnittmann (Lit. 46) hat solche Saanegerölle aus der Umgebung von Freiburg studiert und auf ihre Herkunft geprüft. Er fand Mikrogranit, Quarzporphyr, Hornblende-Biotitgranit, Biotitgranit, Biotit-Serizitgneis, Gabbro, verschiedene Amphibolite, Eklogit, Serpentin, Quarzit und bestimmte darin Quarz, Orthoklas, Mikroklin, Plagioklas, Calcit, Biotit, Pennin, Muskowit, Bauerit, grüne und braune Hornblende, Epidot, Klinozoisit, Zoisit, Apatit, Zirkon, Rutil, Titanit, Titaneisen, Magnetit, Hämatit, Limonit, Pyrit, Aktinolith, Granat und Augit. Charakteristisch für das Rhoneerratikum sind indessen auch gewisse Sedimentgesteine: das Valorsinekonglomerat, der dazu gehörige Valorsinesandstein und Sernifit (Verrucano). Die Valorsinegesteine sind karbonischen Alters mit Fragmenten von Zweiglimmergraniten, Porphyren, Biotitgraniten, Turmalinknollen, Pegmatiten, Apliten, Hornsteinen, Glimmerschiefern; Injektionsgneisen, Quarziten, Quarzitsandsteinen, Tonschiefern; kalkiges Gesteinsbruchmaterial fehlt immer, Kohle nie. Der Zement enthält viel Serizit und Chlorit. Abweichend davon führt das der Permformation entstammende Sernifitkonglomerat keine Kohle. — Daß im Rhoneerratikum auch Molassesandstein und -Nagelfluh angetroffen werden, ist selbstverständlich.

Eine rezente Gesteinsbildung sind die *Kalktuffe*. Sie finden sich vielerorts an den Molassefelsen des Saaneufers. Bei Corpatieux ist ein großer Tuffsteinbruch. Entsprechende Gerölle können da und dort in der Saane gefunden werden.

4. Die Saane und ihre wichtigsten Zuflüsse.

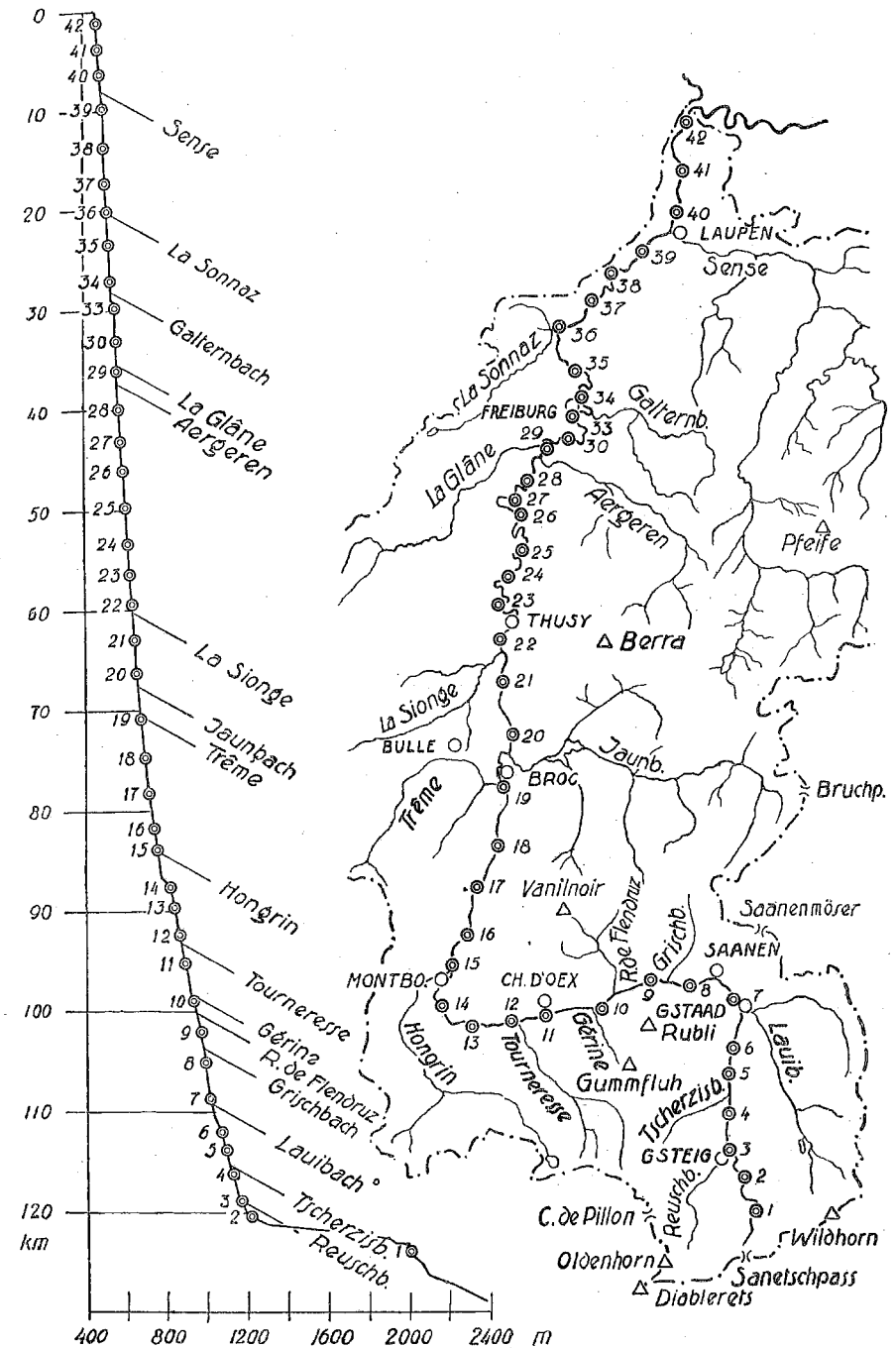
Der Verlauf der Saane und ihrer Nebenflüsse ist im geographischen Lexikon der Schweiz skizziert und wurde in vielen geologischen und geographischen Freiburger Dissertationen wiederholt beschrieben. Es brauchen daher an dieser Stelle nur jene Merkmale hervorgehoben zu werden, die für die vorliegende Arbeit von Interesse sind.

Die Saane entspringt im Moräneschutt des Zanfleurongletschers. Ein oberirdischer Zufluß vom Gletscher her konnte im Sommer 1930 nicht beobachtet werden — nur ein Abfluß zur Morge, einem Seitenbach der Rhone. Nach Vereinigung der Quellwasser fließt die Saane etwa 5 km weit nach Norden durch das Hochplateau des Sanetsch und stürzt sich dann in vielen

Wasserfällen über die 800 m hohe Talstufe ob Gsteig. In ihrem weitem Lauf ist sie vielfach korrigiert. Kurz vor Saanen ändert sie die Richtung und fließt 20 km nach Westen bis gegen Montbovon, wo sie wiederum die ursprüngliche Nordrichtung annimmt und diese im großen und ganzen bis zu ihrer Einmündung in die Aare beibehält. Die gesamte Flußlänge beträgt 128,45 km (Lit. 16, Bd. I, S. 382). Davon entfallen rund 63 km auf die Hoch- und Voralpen, 65 km auf das Molasseland.

Das Saanetal ist in seiner oberen Hälfte meistens ein Quertal, das aber die Bergketten nicht senkrecht, sondern schief zur Streichrichtung durchbricht (Fig. 1). Der oberste Durchbruch (durch die Kalkketten) überwindet die 800 m hohe Talstufe südlich Gsteig. Bis Gstaad hat sich das Quertal im Niesenflysch zu einem Trogtal ausgeweitet. Auf der Strecke Gstaad-Saanen werden die innersten Antiklinalen der Rodomonts-Hundsrückflyschzone durchschnitten. Beim nun folgenden westlichen Verlauf durch drei Kalkketten und zwei Flyschzonen (Gummfluh-Rublikette, Flyschzone von Rodomonts-Hundsrück, Kalkkette der Gastlosenantiklinale, Mocausaflyschmulde und Kette der Vanilnordoppelantiklinale) wechseln enge Schluchten mit verbreiterten Talkesseln reizvoll ab. Nach Montbovon liegt das Saanebett 10 km weit in der Greyerzersynklinale, durchbricht dann zuerst bei Greyerz die äußerste Antiklinale der Klippendecke und weiterhin, in der Gegend von Bulle, die ultrahelvétischen Deckenreste sowie den Berraflysch der Externzone. Im Molasseland wird es zu einem mäanderreichen, bis 150 m tiefen Cañon, der sich in den weichern Schichten, namentlich in der Süßwassermolasse des nördlichsten Teiles stark verbreitert.

Das mittlere Gefälle der Saane beträgt $14,8\text{‰}$ (Lit. 16, Bd. I, S. 382). Teilgefälle für kleinere Strecken sind in Tabelle IV aufgeführt. Größere, ausgeprägte Talstufen sind außer dem 800 m hohen steilen Nordabsturz der Hochalpen bei Gsteig nicht vorhanden. Kleinere Talschwellen können beim Durchbruch durch Bergketten beobachtet werden, so bei Gstaad und bei Montbovon. Sonst zeichnet sich die Saane durch ein ziemlich ausgeglichenes Gefälle aus, das von der Aarenmündung weg bis Gsteig zunimmt und zwischen 2 und 20‰ variiert. Das Profil in Fig. 2 läßt diese Ausgeglichenheit des Gefälles deutlich erkennen. Oberhalb der Talschwelle von Montbovon, dann bei Thusy und schließlich bei Freiburg wird die Saane von kleineren Staumauern durchquert. Größere Strecken des Flußlaufes wur-



Figur 2. Profil des Saanelaufes und Stellen der Sandentnahme.

den korrigiert, so zwischen Gsteig und Saanen. In der Greyerzermulde wurden vielerorts Uferschutzbauten erstellt. Im untersten Teil (oberhalb Laupen—Einmündung in die Aare) ist die Saane größtenteils eingedämmt. Diese Flußkorrekturen spielen bei der Sandablagerung eine wichtige Rolle.

Die Zuflüsse der Saane sind sehr zahlreich. Im folgenden seien nur die wichtigsten kurz besprochen (vgl. Fig. 1 und 2).

Bei Gsteig mündet links der *Reuschbach* in die Saane. Er entstammt einem kleinen Lappen des Zanfleurongletschers, der östlich des Oldenhorngipfels gegen die Oldenalp hinuntersteigt. Im Oberlauf durchschneidet der Bach die Kalkkette der helvetischen Decken, im Unterlauf fließt er in einem Längstal der Sattelzone, das sich vom Col de Pillon herunterzieht. Bei einer Länge von 8 km hat der Flußlauf ein mittleres Gefälle von 160‰.

Zwischen Gsteig und Gstaad münden zwei weitere linke Zuflüsse in die Saane: der *Tscherzisbach*, der seine Quelle im oberen Teil des nach ihm benannten Tales hat¹, und der *Fallbach*, der vom S-Abhang der Gummfluh herniedertost. Beide fließen zum großen Teil durch Flyschgestein der Niesendecke. Länge 9 bzw. 6 km, mittleres Gefälle 95 bzw. 125‰.

Bei Gstaad vereinigt sich die Saane mit dem ihr fast ebenbürtigen, von rechts kommenden *Lauibach*. Er entspringt zwei Gletschern am N-Abhang des Wildhorns, dem Gelten- und dem Dungalgetzer. Die Hochalpen verläßt er, wie die Saane, in gewaltiger Stufe, durchfließt dann in einem Quertal die Sattel- und Niesenflyschzone und einen Teil des Rodomonts-Hundsrückflysches. Sein Nebenfluß, der Turbach, führt ihm Material von den Schuppen der Brecciendecke zu. Die Länge beträgt 15 km, das mittlere Gefälle 92‰.

Der *Grischbach* (Rio des Fénils) hat seine Quelle auf der Südseite der Dent de Ruth. Er durchfließt das nach ihm benannte Längstal im Rodomonts-Hundsrückflysch, in dem noch Fetzen der Simmendecke aufgeschlossen sind. Nach 8 km langem Lauf (mittleres Gefälle = 125‰) mündet er bei Rougemont in die Saane.

Auch der *Rio de Flendruz* fließt durch ein Längstal des Rodomonts-Hundsrückflysches. 2 km vor der Mündung empfängt

¹ Aus dem Arnensee werden ca. 50, nach anderer Schätzung bis 130 Sekundenliter Wasser dem Rhonebecken zugeführt (vgl. Lit. 13, S. 66).

der Bach rechts den Ruisseau des Siernes Picats, der das Vert-Champ-Längstal der Mocaumulde entwässert und die Kette der Gastlosenantiklinale in enger Schlucht durchbricht. Flußlänge 7 km, mittleres Gefälle 107‰.

An den N-Abhängen der Gummfluh entspringt als linker Zufluß der Saane die *Gérine* (nicht zu verwechseln mit dem gleichnamigen Zufluß wenig oberhalb Freiburg). Sie hat durch Kalk und Flysch der Rublzone ein steiles Quertal gegraben. Länge 4 km, mittleres Gefälle 170‰.

Wichtiger ist die ebenfalls von Süden einmündende *Tourneresse*, die an den N-Abhängen des Arnenhorns und der Tonnentaz entspringt und das Quertal von Etivaz entwässert. Sie fließt zuerst durch den Niesenflysch, durchbricht dann die Gastlosen- und Tours d'Aï-Antiklinalen und mündet etwas unterhalb Château d'Oex in die Saane. Ca. 200 (nach andern Angaben sogar 300 bis 600) Sekundenliter werden durch einen Stollen ins Genferseegebiet abgeleitet (vgl. Lit. 13, S. 78). Der Flußlauf hat eine Länge von 14 km und ein mittleres Gefälle von 80‰.

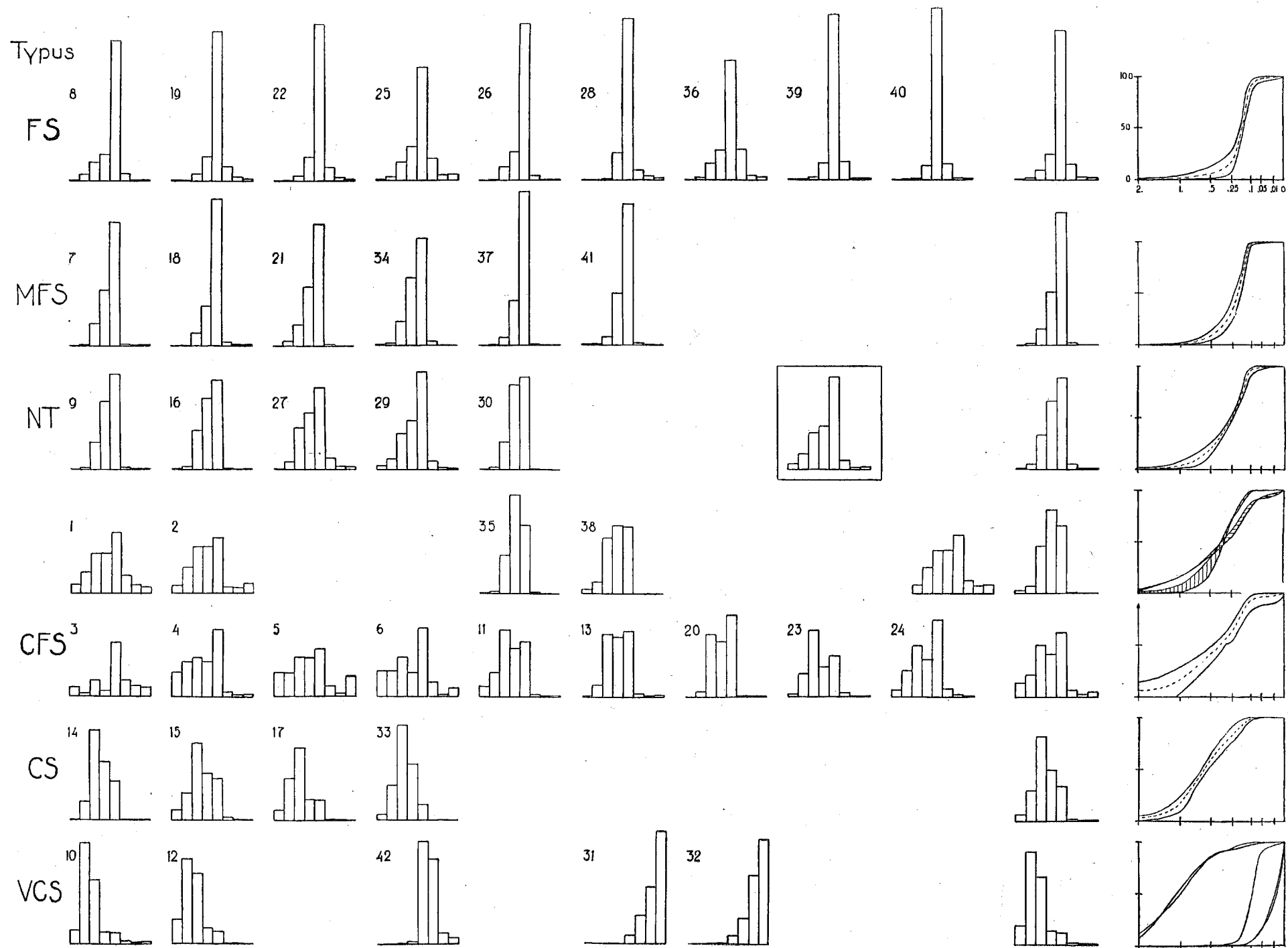
Der Hongrin, der vom Bergsee Lioson abfließt, bildet wie die Tourneresse ein eigentliches Quertal. Er durchschneidet die Niesenflyschzone, die Kalkketten der Gastlosenantiklinale, den Flysch der Mocaumulde mit den darin schwimmenden Simmendeckenfetzen, ferner die Kalkketten der Vanilnoirdoppelantiklinale und die Kalkgesteine der Greyerzermulde. Mündung bei Montbovon. Länge des Flußlaufes 22 km, mittleres Gefälle 50‰.

Die *Trême*, deren Quelle am Ostabhang des Niremont liegt, durchfließt den Flysch und einige ultrahelvetische Deckenfetzen der Externzone und mündet gegenüber Broc links in die Saane. Ihr Tal, das hauptsächlich Längstal ist, liegt im Gebiet des Rhoneerratikums. Der Hauptzufluß der Trême, die Albeuve, entwässert einen Teil der äußersten Kalkkette der Klippendecke. Flußlänge der Trême 15 km, mittleres Gefälle 35‰.

Bei Broc mündet rechts der *Jaunbach*. Er hat ein sehr ausgebildetes Flußnetz. Der Hauptwasserarm, Jaunlibach genannt, entspringt am S-Abhang des östlichen Ausläufers der Dent de Ruth. Das Einzugsgebiet liegt zum größten Teil in der romanischen Zone östlich der Saane, zum kleinern Teil in der Externzone. Die Kalkketten und Flyschmulden werden vom Hauptwasserarm wie von seinen Zuflüssen zumeist quer durchschnitten. Kurz vor seiner Mündung durchbricht der Jaunbach das Mont-

Normal-
heit
Kosten
nd zwar
ch von
die im
n wird,
tet wie
ve gut
(MFS-
Typus
. An-
des FS
agegen
ewissen
ägt ist
2. Sie
die das
glichen-
ber auf
abei er-
3, 4,
CS über
CS ein-
Normal-
ung des
ese Ver-
führen,
Haupt-
Von den
35 von
(FS ist
chte, bis

schärfer
als Dia-
Nummer
inzelnen
en Reihe
5 und 38
im ver-



Figur 4. Diagramme der mechanischen Sandkonstitution.

salvens-Massiv in einer tiefen Schlucht. Seit der Anlage des Stausees von Montsalvens ist dieser letzte Teil des Flußlaufes zumeist sehr wasserarm geworden. Bei einem mittleren Gefälle von 35‰ besitzt der Jaunbach eine Länge von 28 km.

Die *Sionge*, die 7 km unterhalb des Jaunbaches links in die Saane mündet, hat ihre Quelle im Flysch der Externzone. Der größte Teil ihres Laufes führt aber durch Rhoneerratikum oder Molasse. Länge 15 km, mittleres Gefälle 15‰.

Auch die Quellbäche der *Aergeren* (Gérine), die einige km oberhalb Freiburg rechts in die Saane mündet, sind im Flysch der Externzone gelegen. Sie haben zwischen der Berra und dem Schweinsberg einen mächtigen Errosionszirkus gegraben. Der gefährliche, z. T. verbaute Wildbach, hat eine Länge von 24 km und ein mittleres Gefälle von 43‰.

Kaum 1 km unterhalb der Aergerenmündung vereinigt sich die Saane mit der von links kommenden *Glâne*, deren ganzer Lauf der Molassezone angehört. Länge 29,5 km, mittleres Gefälle nur 8‰.

Auch der *Galternbach* fließt in seiner ganzen Länge durch Molasse. In diese hat er eine tiefe, romantische Schlucht gegraben. Nach einem Lauf von 15 km (mittleres Gefälle 29‰) ergießt er sich bei Freiburg von rechts in die Saane.

Ein weiterer Molassebach ist die *Sonnaz*, die 8 km unterhalb Freiburg links einmündet. Länge 10 km, mittleres Gefälle 8‰.

Bei Laupen vereinigt sich die Saane mit ihrem wichtigsten Nebenfluß, der *Sense*. Diese hat ein stark verzweigtes Flußsystem. Die beiden bedeutendsten Quellbäche sind die kalte und die warme Sense. Erstere entspringt am Gantrist, letztere entströmt dem Schwarzsee. Das Einzugsgebiet der beiden Bäche gehört zum kleinern Teil der Klippendecke, zum größern Teil dem Flysch der Externzone an. Nach Vereinigung derselben fließt die Sense in einem breiten, tiefen Bett durch die Molasse und nimmt weiterhin als wichtigsten Zufluß von rechts das Schwarzwasser (22 km Länge) auf, dessen Quellen im Flysch der Pfeife und des Gurnigels liegen. Die Länge des Senselaufes vom Gantrist bis zur Mündung beträgt 46 km, das mittlere Gefälle 45‰.

Tabelle I. Flächeninhaltsangaben für das Einzugsgebiet der Saane (in km²).

	Gesamtfläche	Felsen und Schutthalden	Firn und Gletscher
Saane bis zum Reuschbach . .	24,531	10,141	1,260
» bis und mit Reuschbach	49,355	19,991	1,950
» bis zum Tscherzisbach .	62,570	20,051	»
» bis und mit Tscherzisbach	80,960	20,866	»
» bis zum Lauibach . . .	108,340	22,421	»
» bis und mit Lauibach . .	200,317	33,803	7,633
» bis zum Grischbach . .	239,609	35,550	»
» bis und mit Grischbach	259,933	36,210	»
» bis zum R. de Flendruz .	271,297	37,378	»
» bis und mit R. de Flendruz	306,222	42,268	»
» bis zur Tourneresse . . .	341,270	46,138	»
» bis und mit Tourneresse	388,018	50,545	»
» bis zum Hongrin	416,976	51,856	»
» bis und mit Hongrin . .	498,611	60,441	»
» bis zur Trême	586,252	65,614	»
» bis und mit Trême . . .	634,974	66,246	»
» bis zum Jaunbach . . .	640,639	66,431	»
» bis und mit Jaunbach . .	818,199	79,037	»
» bis zur Sionge	842,125	79,704	»
» bis und mit Sionge . . .	908,823	79,727	»
» bis zur Aergeren	982,200	80,860	»
» bis und mit Aergeren . .	1067,581	82,535	»
» bis zur Glâne	1068,185	82,585	»
» bis und mit Glâne . . .	1261,479	82,694	»
» bis zum Galternbach . .	1271,491	83,164	»
» bis und mit Galternbach	1314,200	83,347	»
» bis zur Sonnaz	1333,519	83,696	»
» bis und mit Sonnaz . .	1382,188	83,718	»
» bis zur Sense	1427,298	84,250	»
» bis und mit Sense . . .	1860,128	99,176	»
» bis zur Aare	1892,001	99,841	»

Tabelle II. Einzugsgebiete (in km²) der Nebenflüsse der Saane.

	Gesamt- fläche	Felsen und Schutt- halden	Firn und Gletscher
Reuschbach	24,824	9,850	0,690
Tscherzibach	18,390	0,815	—
Lauibach	91,977	11,382	5,683
Grischbach	20,324	0,660	—
Rio de Flendruz	34,925	4,890	—
Tourneresse	46,748	4,407	—
Hongrin	81,635	8,585	—
Trême	48,722	0,632	—
Jaunbach	177,560	12,606	—
Sionge	66,698	0,023	—
Aergeren	85,381	1,675	—
Glâne	193,294	0,109	—
Galternbach	42,709	0,183	—
Sonnaz	48,669	0,022	—
Sense	432,830	14,926	—

**Tabelle III. Abflußmengen der Saane bei der Pegelstation
Freiburg-Bernerbrücke (Einzugsgebiet 1271 km²)**

Jahr	Jahresmittel m ³ /sec.	Absol. Maximum m ³ /sec.	Absol. Minimum m ³ /sec.
1911	38,2	283,9	4,9
1912	50,2	489,2	9,6
1913	34,2	407,0	4,3
1914	48,4	463,8	4,0
1915	56,4	447,2	»
1916	46,5	556,8	»
1917	41,7	308,2	»
1918	37,6	606,0	»
1919	50,3	314,0	»
1920	35,3	267,0	»
1921	20,9	172,0	»
1922	62,1	440,0	»
1923	41,1	332,2	»
1924	46,3	376,0	»
1925	31,2	275,0	»
1926	46,9	315,0	»
1927	52,8	457,0	4,1
1928	40,0	567,0	4,9
1929	34,3	257,0	4,0
1930	63,3	702,0	1,6
Mittel	43,9	401,8	—

5. Zur Hydrographie der Saane¹.

Sobald einmal die Saane mehrerer Flüsse untersucht sind (vgl. Lit. 10, S. 206), wird es möglich sein, die gewonnenen Ergebnisse mit den hydrographischen Verhältnissen der betreffenden Flußsysteme in Beziehung zu bringen. Aus diesem Grunde erschien es angezeigt, die wichtigsten hydrographischen Daten des Saanenetzes tabellarisch zusammenzustellen (Tabellen I u. II). Sie sind den Veröffentlichungen des Eidgenössischen Amtes für Wasserwirtschaft entnommen und betreffen (in km²), neben der Größe des Einzugsgebietes der Saane und ihrer Nebenflüsse, auch die Ausdehnung der Gletscher und Firne sowie der Felsen und Schutthalden.

Die Saane mit ihrem ausgesprochenen Wildbachcharakter zeigt einen kolossalen Unterschied zwischen dem Minimum und dem Maximum der Wasserführung (vgl. Tabelle III). Während sie in den Herbst- und Wintertagen, wenn eine andauernde Bise über die Gegend streicht, nur einen schmalen, fast träge fließenden Wasserstreifen bildet, wird sie zur Zeit der Schneeschmelze oder nach Gewittern zum reißenden Strom mit vollen Ufern. Innert wenigen Stunden kann die Wasserführung von 10—20 m³ auf 1000—1200 m³ pro Sekunde ansteigen (Lit. 32, S. 101). Diese Ungleichheit in der Wasserführung spielt bei der Sandablagerung eine wichtige Rolle.

¹ Vgl. Lit. 24, 27, 52, 53.

II. Die Entnahme der Sandproben.

Zur Entnahme der Sandproben wurde ähnlich vorgegangen, wie es C. Burri beschrieben hat (Lit. 10, S. 210). Längs des ganzen Flußlaufes, vom Hochplateau des Sanetsch bis zur Mündung in die Aare, wurde alle 3 bis 4 km je eine Probe gesammelt. Teils aus mineralogischen, teils aus topographischen Gründen konnte dieser Abstand nicht immer genau eingehalten werden (vgl. Fig. 2). Um beurteilen zu können, wie weit die wichtigeren Nebenflüsse für die mechanische oder mineralogische Zusammensetzung des Saanesandes von Bedeutung sind, wurde auch ihnen je eine Probe entnommen, nicht allzuweit vor der Einmündung. Es wurde darauf geachtet, daß am Orte dieser Probeentnahme Rückstauungen seitens des Hauptflusses, selbst bei Hochwasser usw., gänzlich ausgeschlossen waren.

Die Stellen, an denen Sande entnommen werden sollten, wurden sorgfältig ausgesucht, da nicht alle Sandablagerungen für die geplante Untersuchung gleich geeignet erschienen. Bei der Sandablagerung macht sich nämlich der oben erwähnte Wildbachcharakter der Saane deutlich bemerkbar. Nach jedem größeren Hochwasser erscheint das Bild des Flußbettes, soweit es nicht durch Schluchten oder Verbauungen eingeengt ist, $\pm$ stark verändert. Kies- und Sandablagerungen werden verlegt, «Inseln» verschwinden oder werden zu «Halbinseln»¹; oft bilden sich auch neue Ablagerungen. Viele Sandablagerungen sind überhaupt reine Hochwasserbildungen, die bei einem mittleren Wasserstand, ja selbst bei kleinerem Hochwasser nicht überflutet werden. Solche Ablagerungen sind daher bei ganz andern Strömungsverhältnissen gebildet worden, als sie der Saane bei gewöhnlichem Wasserstande eigen sind. Da aber durch die vorliegende Sanduntersuchung vor allem ein Bild der mittleren Flußverhältnisse erhalten werden soll, so müssen ausgesprochene Hochwasserablagerungen möglichst ausgeschaltet bleiben. Natürlich werden diese hinsichtlich ihrer Abweichung von den normalen Sandanschwemmungen auch zu untersuchen sein. — Am flußabwärts gelegenen Ende großer «Inseln» oder «Halbinseln», wo bei höherem Wasserstand Rückströmungen oder Stillwasser vorhanden sind, kann sich Feinsand und selbst Schlamm in größerer Menge absetzen. Nicht selten kann man

sogar eine Wechsellagerung der Schlamm- und Sandschichten beobachten. Solche Sande sind ebensowenig wie die reinen Hochwassersandablagerungen für diese Untersuchungen verwertbar. Noch schwieriger wird die Wahl einer geeigneten Stelle zur Entnahme der Sandprobe, wenn der Flußlauf eingedämmt und korrigiert ist. Durch diese künstliche Flußbettverengung wird die Geschwindigkeit des Wassers bei mittlerem und höherem Stand vergrößert, die Erosionskraft erhöht und die Absatzmöglichkeit verringert. Dadurch werden die Sandablagerungen oft derart selten, daß sie sich nur mehr am Rande des Flußbettes zwischen größeren Geröllen finden lassen. Für die Zwecke dieser Arbeit sind solche Sande natürlich höchst verdächtig. Aber mangels günstigerer Ablagerungen können sie nicht übergangen werden.

Allgemein wurden zur Probeentnahme homogen aussehende Bänke und Anschwemmungen ausgesucht — wenn immer möglich auf kleinen «Inseln» und nur beim Fehlen solcher am Ufer. Die Proben wurden ferner bei tiefem Wasserstand geholt. Auch wurden im allgemeinen nur solche «Inseln» und Anschwemmungen gewählt, die sich wenig über den Tiefwasserstand erheben, also bei mittlerer Wasserführung schon überflutet werden. Trotzdem stammen einige Proben (vgl. späterhin, bes. Abschn. V) von anders gearteten Ablagerungen.

Zur Probeentnahme wurde der Sand, wenn möglich, von mindestens einem Quadratmeter Oberfläche zusammengeschaufelt. Hiervon wurde eine Durchschnittsprobe von rund $1\frac{1}{2}$ kg mitgenommen.

In dieser Weise wurden aus der Saane 42 (aus Nebenflüssen 17) Proben gesammelt. Tabelle IV gibt Aufschluß über den Ort der Probeentnahme, über die angenäherte Meereshöhe desselben, über Höhendifferenz, Abstand und Flußgefälle zweier aufeinanderfolgenden Entnahmestellen, schließlich auch über den Charakter der Sandbank, ob «Insel», «Halbinsel» oder «Ufer». «Insel» nenne ich eine rings von Wasser umflossene Kies- und Sandablagerung, «Halbinsel» eine derartige Ablagerung, die vom Ufer aus beträchtlich ins Bett hineinreicht, «Ufer» einen ganz schmalen Streifen am Rande des Flußbettes, der bei Niederwasser frei gelegt ist.

¹ Über diese Terminologie vgl. die folgende Seite.

Tabelle IV. Entnahmestellen der Saanesandproben.

Nr.	Ortsangabe	Charakter der Sandanschwemmung	Höhe ü. M. in m	Höhendifferenz	Abstand in km	Teilgefälle in ‰
1	Sanetschhochebene 50 m oberhalb P. 2018	Insel	2020			
2	Gsteig, 70 m vor Mündung des Schreiengrabens	Insel	1220	800	3,5	228,6
3	Gsteig, 20 m vor Mündung des Reuschbaches	Ufer	1180	40	1,6	25,0
4	200 m unterhalb Brücklein Feutersoey-Bühl	Ufer	1125	55	2,7	20,4
5	200 m unterhalb Saanebrücke bei Laueli Krachen	Ufer	1100	25	2,4	10,4
6	200 m unterhalb Mündung des Fallbachs	Ufer	1080	20	1,8	11,1
7	600 m unterhalb Mündung des Lauibachs	Ufer	1015	65	3,4	19,1
8	Saanen, Brücklein bei Oey P. 1000	Insel	1000	15	3,5	4,3
9	Rougemont, Brücke P. 973 . . .	Insel	970	30	3,1	9,7
10	500 m oberhalb der Mündung der Gérine	Halbinsel	930	40	3,1	12,9
11	Château d'Oex, Mündung des Rio des Bossons	Insel	900	30	3,6	8,3
12	Rossinière, Saanebrücke, P. 889 .	Insel	880	20	2,9	6,9
13	Rossinière, Le Vernex, P. 848 . .	Insel	848	32	2,7	11,8
14	La Tine, P. 831	Insel	827	21	2,2	9,5
15	100 m unterhalb Mündung des Hongrin	Ufer	770	57	3,6	15,8
16	Lessoc, 150 m unterhalb Mündung des Baches von Lessoc	Insel	755	15	2,3	6,5
17	Grandvillard, 300 m oberhalb Brücke, P. 737	Insel	732	23	3,5	6,6
18	Estavannens, 350 m oberhalb Brücke, P. 710	Insel	710	22	3,5	6,3
19	Broc, 300 m oberhalb Mündung der Trême	Ufer	690	20	3,9	5,1
20	Morlon, bei Höhenkurve 670 . . .	Insel	670	20	4,6	4,3
21	Corbières, 400 m oberhalb Brücke P. 690	Insel	651	19	3,3	5,7
22	Hauteville, 300 m unterhalb P. 644	Insel	643	8	3,6	2,2

Entnahmestellen der Saanesandproben (Schluß).

Nr.	Ortsangabe	Charakter der Sandanschwemmung	Höhe ü. M. in m	Höhendifferenz	Abstand in km	Teilgefälle in ‰
23	Pont-la-Ville, 350 m oberhalb P. 620	Halbinsel	623	20	3,0	6,6
24	Pont-la-Ville, Bertigny, Höhenkurve 610	Halbinsel	610	13	3,0	4,3
25	Rossens, Mäander von les Cases .	Insel	603	7	3,6	1,9
26	La Tuffière, 800 m oberhalb Brücke P. 616	Insel	593	10	3,7	2,7
27	Posieux, les Prés d'en Bas, Ende der Wiese mit P. 584	Halbinsel	583	10	3,0	3,3
28	Hauterive, Brücke bei P. 577 . .	Halbinsel	572	11	3,3	3,3
29	200 m oberhalb der Glâne . . .	Insel	565	7	3,7	1,9
30	Fribourg, 900 m oberhalb Pérollesbrücke, P. 558	Insel	557	8	3,1	2,6
31	Fribourg, Pérolles See, strömungsfreier Winkel		555			
32	Fribourg, Pérolles See, neben dem Stolleneingang		555			
33	Fribourg, Brücke bei P. 544 . .	Halbinsel	541	16	3,2	5,0
34	Fribourg, Les Neigles, 150 m unterhalb Fußsteg	Insel	535	6	2,9	2,0
35	Räsch, bei Mündung des Räschbaches	Insel	525	10	3,6	2,8
36	Staad, 200 m unterhalb Mündung der Sonnaz	Insel	520	5	3,2	1,6
37	Bonn, bei Mündung des Düdingerbaches	Ufer	510	10	3,0	3,3
38	Schiffenen, 500 m unterhalb Brücke P. 512	Insel	500	10	3,4	2,9
39	Nieder Bösingens, bei P. 493 . . .	Ufer	490	10	4,0	2,5
40	Laupen, 150 m unterhalb Mündung des Mühlebachs	Ufer	480	10	3,4	2,9
41	Gümmenen, 400 m oberhalb Brücke P. 479	Ufer	474	6	2,6	2,3
42	Wileroltigen, 1 km oberhalb Mündung in die Aare	Ufer	466	8	2,6	3,0

Das Verzeichnis der Sandproben aus den Nebenflüssen (Tabelle V) ist, soweit zugänglich, analog angelegt. Insbesondere wurde das Gefälle für den letzten Kilometer vor der Einmündung in die Saane notiert (die betreffende Probe wurde immer in diesem Teil des Flußlaufes gesammelt).

Die Proben wurden in den Sommermonaten der Jahre 1930 und 1931 heimgeholt.

Tabelle V. Entnahmestellen der Sandproben aus den Nebenflüssen.

Nr.	Flußname und Ortsangabe	Charakter der Flußstelle	m ü. M.	Gefälle des letzten km in ‰	Nr. des nächstfolgenden Saanesandes
I	Reuschbach, Gsteig, obere Brücke .	Ufer	1200	37	4
II	Tscherzisbach, 50 m oberhalb Mündung	Insel	1120	58	5
III	Fallbach, 30 m oberhalb Mündung	Insel	1090	165	6
IV	Lauibach, 100 m unterhalb Turbachmündung	Insel	1045	33	7
V	Grischbach, Brücke bei P.1004	Ufer	1000	42	9
VI	Rio de Flendruz, oberhalb Brücke bei P. 975	Ufer	975	51	10
VII	La Gérine, 50 m oberhalb Brücke bei P. 943	Ufer	950	127	11
VIII	La Tourneresse, 50 m oberhalb Brücke bei P. 894	Insel	895	23	12
IX	Hongrin, 30 m oberhalb Brücke bei P. 709	Halbinsel	775	18	15
X	Trême, 200 m oberhalb Mündung	Ufer	690	12	—
XI	Jaumbach, 400 m oberhalb Brücke bei P. 709	Ufer	690	10	20
XII	Stonge, 100 m oberhalb Mündung	Ufer	650	20	22
XIII	Ärgeren, 200 m oberhalb Mündung	Insel	570	18	29
XIV	Glâne, 500 m oberhalb Mündung	Ufer	566	7	30
XV	Galternbach, 600 m oberhalb Mündung	Ufer	560	24	34
XVI	Sonnaz, 150 m unterhalb Brücke bei P. 539	Ufer	535	15	36
XVII	Sense, Laupen, 300 m oberhalb Brücke bei P. 493	Insel	492	5	40

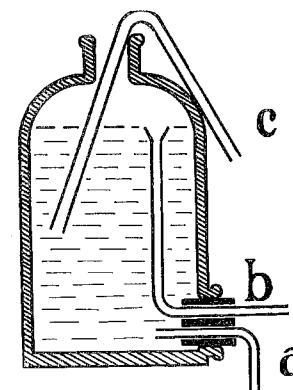
III. Mechanische Analyse der Saanesande.

1. Gang der Analyse.

Korngröße und prozentuale Verteilung dieser Korngrößen sind zur Charakterisierung loser Trümmersedimente höchst bedeutungsvoll. Bekanntlich wird die Korngröße durch den Korndurchmesser angegeben. Zur praktisch möglichen Bestimmung desselben wird die ganze Variationsbreite der Korndurchmesser in eine Anzahl Intervalle geteilt, für die englische und amerikanische Autoren ein Schema vorgeschlagen haben, das C. Burri adoptierte und das auch ich für die Saanesanduntersuchungen gewählt habe. Es trägt folgende Bezeichnungen und Symbole.

Symbol	Bezeichnung	Variationsbreite der Korngröße k
G	Kies (Gravel)	$k > 2,00 \text{ mm}$
VCS	sehr grober Sand (Very Coarse Sand)	$2,00 > k > 1,00 \text{ mm}$
CS	grober Sand (Coarse Sand)	$1,00 > k > 0,50 \text{ mm}$
MS	mittlerer Sand (Medium Sand)	$0,50 > k > 0,25 \text{ mm}$
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 Kornmengen der Fraktionen G, VCS, CS und MS wurden durch Sieben des Sandes in einem vierteiligen, kupfernen Siebsatz mit nach oben gestanzten Rundlöchern von 2, 1, 0,5 und 0,25 mm Durchmesser ermittelt, während die Körner der Fraktionen FS, SFS, s und c durch Schlämmen in einem dreiteiligen Kopetzky-Schlammapparat getrennt wurden. Die Beschreibung des Apparates befindet sich in Lit. 55¹. Damit der Apparat richtig funktioniere, muß der Wasserdruck eine bestimmte, konstant bleibende Größe haben. Dies wurde folgendermaßen erreicht. Eine etwa 1 1/2 m über dem Schlammapparat stehende 10 Liter fassende Flasche (Fig. 3) besitzt



Figur 3. Wasserreservoir für den Schlammapparat.

¹ Weitere Ausführungen über Schlammanalysen sind in Lit. 19 zu finden.

unten eine Öffnung, in der ein zweifach durchbohrter Pfropfen steckt. Durch die beiden Pfropfenlöcher führen Glasröhren. Die eine derselben (a) ist mit dem Schlämmapparat verbunden und zur Regulierung der Abflußmenge mit einem Hahn versehen (in Fig. 3 nicht sichtbar). Das in der Flasche liegende Ende dieser Röhre befindet sich gleich hinter dem Pfropfen. Die zweite der genannten Röhren (b) steigt im Innern der Flasche empor und endigt kurz vor dem Flaschenhals in einer trichterartigen Erweiterung. Durch diese Röhre, die als Überlauf dient, wird ein konstantes Wasserniveau erreicht. Eine dritte Röhre (c), die durch den Flaschenhals eintritt, ist mit der Leitung verbunden und führt das Wasser zu.

Die gesammelten Sandproben wurden in einem Trockenschrank (vgl. Lit. 10) bei 110° vollständig getrocknet und blieben dann mehrere Wochen in Papiertüten bei Zimmertemperatur liegen, um lufttrocken zu werden. Von jeder so zubereiteten Probe wurden ungefähr 100 g abgewogen (alle Wägungen auf 0,1 g genau) und gesiebt. Die Rückstände in den einzelnen Sieben wurden in Gewichtsprozente umgerechnet. Von jenem Material, das alle Siebe passiert hatte, wurden ungefähr 20 g für die Schlämmanalyse verwendet. Diese war manchmal sehr langwierig, denn zur Herbeiführung des stationären Zustandes bedurfte es häufig 4 und mehr, ja selbst 10 Tage. Nach Beendigung dieser Analyse wurden die in den drei Schlämmzylindern zurückgebliebenen Sandmengen vorsichtig vom Wasser getrennt, getrocknet und gewogen. Die Körnerklasse c, die den Schlämmapparat durch den Ausfluß verließ, wurde als Gewichtsverlust bestimmt (20 g — Gewicht von FS + SFS + s). Die vier Gewichtsergebnisse der Schlämmanalyse wurden zu jener Menge, die alle Siebe passiert hatte, ins Verhältnis gesetzt und in Gewichtsprozente umgerechnet. Kleinere Unstimmigkeiten, besonders bei feinen Sanden (vgl. Tabellen VI und VII), erklären sich dadurch, daß beim Sieben immer etwas feinsten Staub, trotz geschlossenem Siebsatz und vorsichtiger Arbeit, in die Luft entweichen konnte.

Tabelle VI. Resultate der Sieb- u. Schlämmanalyse der Saanesande.

Nr.	G	VCS	CS	MS	FS	SFS	s	c	Total
	k > 2	2 > k > 1	1 > k > 0,5	0,5 > k > 0,25	0,25 > k > 0,1	0,1 > k > 0,05	0,05 > k > 0,01	0,01 > k	
1	4,2	12,1	19,1	19,2	29,5	8,6	4,1	3,1	99,9
2	3,9	12,8	22,4	22,4	27,1	3,3	2,9	4,9	99,7
3	14,5	11,5	17,9	12,6	26,1	7,8	5,3	4,2	99,9
4	11,6	16,7	18,8	16,7	32,4	2,1	0,6	1,0	99,9
5	11,5	11,2	18,9	18,6	23,2	5,0	1,6	9,9	99,9
6	12,3	12,3	18,8	11,5	33,2	6,8	0,8	4,1	99,8
7	0,1	0,7	10,8	27,0	59,9	0,7	0,3	0,4	99,9
8	0,6	3,2	9,1	13,0	68,8	3,9	0,7	0,7	100,0
9	0,3	1,0	13,2	37,0	46,3	1,2	0,5	0,5	100,0
10	6,6	49,0	31,0	5,5	5,3	1,3	0,6	0,7	100,0
11	4,8	11,5	32,2	23,3	26,5	1,0	0,3	0,4	100,0
12	11,6	41,0	33,9	7,4	5,9	0,1	0,1	—	100,0
13	0,5	5,7	30,3	28,8	31,8	1,6	0,5	0,7	99,9
14	0,2	8,9	43,5	28,3	18,8	0,1	0,1	0,1	100,0
15	4,7	13,0	37,3	22,6	20,3	1,4	0,4	0,3	100,0
16	0,6	1,5	19,0	34,6	43,4	0,5	0,1	0,3	100,0
17	4,9	20,1	34,7	20,0	19,7	0,3	0,1	—	99,8
18	—	0,3	6,2	19,0	71,3	1,8	0,7	0,7	100,0
19	0,5	0,4	3,7	12,1	72,8	7,1	2,1	1,2	99,9
20	—	2,6	30,3	26,7	39,5	0,4	0,2	0,2	99,9
21	—	2,1	10,0	28,5	58,7	0,6	—	—	99,9
22	—	0,1	2,5	11,8	76,2	6,8	1,7	0,9	100,0
23	1,2	11,0	32,0	24,3	29,4	1,7	0,2	0,2	100,0
24	3,1	12,6	24,6	17,9	37,2	3,6	0,8	0,2	100,0
25	0,8	2,0	8,9	16,5	55,1	10,9	2,7	3,1	100,0
26	—	0,2	6,6	13,9	76,6	2,2	0,2	0,2	99,9
27	0,4	3,7	20,4	27,6	39,7	5,5	1,4	1,2	99,9
28	—	—	0,5	13,2	78,9	4,8	1,8	0,8	100,0
29	1,7	5,1	17,3	23,6	47,2	4,0	0,7	0,4	100,0
30	0,1	1,0	13,2	40,9	44,5	0,2	—	—	99,9
31	—	—	0,1	0,1	4,1	13,4	27,2	54,6	99,5
32	—	—	0,1	0,2	3,9	12,5	33,3	50,7	99,7
33	2,7	16,8	45,9	27,0	7,6	—	—	—	100,0
34	0,6	1,0	11,7	32,7	51,8	2,0	Sp.	Sp.	99,8
35	0,3	0,9	18,3	47,5	32,7	0,3	—	—	100,0
36	—	1,2	8,0	14,3	58,2	14,7	2,2	1,4	100,0
37	—	0,1	3,7	21,4	74,4	0,4	—	—	100,0
38	2,1	5,7	27,0	32,7	32,3	—	—	—	99,8
39	0,2	0,2	1,2	8,0	80,8	8,6	0,5	0,5	100,0
40	—	0,1	0,6	6,8	83,7	7,6	0,7	0,5	100,0
41	0,4	0,6	4,0	25,2	68,2	1,1	0,3	0,2	100,0
42	—	—	0,2	1,2	49,5	41,0	5,1	3,0	100,0

Tabelle VII. Resultate der Sieb- und Schlämmanalyse der Sandproben aus den Nebenflüssen.

Nr.	G	VCS	CS	MS	FS	SFS	s	c	Total
I Reuschbach	0,8	5,0	17,8	25,0	44,6	4,6	0,8	1,2	99,8
II Tscherszbach	25,3	19,8	15,4	7,7	9,0	9,0	8,2	5,3	99,7
III Fallbach	1,2	2,9	5,5	9,5	33,5	21,0	12,9	13,3	99,8
IV Laubach	5,7	13,0	22,9	14,7	30,5	8,2	3,1	1,7	99,8
V Grischbach	7,2	12,8	23,6	20,1	29,2	4,4	0,5	2,0	99,8
VI Rio de Flendruz	19,4	38,0	18,8	18,2	10,1	3,0	0,5	1,7	99,7
VII Gérine	17,3	10,5	13,7	11,4	37,2	7,3	0,9	1,6	99,9
VIII Tournesse	1,2	6,6	15,9	17,9	53,1	3,8	0,6	0,8	99,9
IX Hongrin	3,5	15,1	34,9	27,0	18,4	0,5	0,2	0,2	99,8
X Trême	4,1	1,7	8,4	15,3	66,2	2,8	0,5	0,9	99,9
XI Jaubach	28,8	41,3	22,3	4,4	1,9	0,3	0,2	0,5	99,7
XII Sionge	1,1	5,2	14,6	20,6	53,4	3,6	0,6	0,8	99,9
XIII Ärgeren	0,1	1,5	13,1	27,5	53,9	3,2	0,6	—	99,9
XIV Glâne	—	0,1	0,8	8,6	68,2	13,6	4,1	4,5	99,9
XV Galternbach	0,1	0,7	5,1	13,6	60,4	13,6	2,0	4,4	99,9
XVI Sonnaz	0,1	0,8	7,8	23,0	67,3	0,7	0,2	—	99,9
XVII Sense	2,3	18,8	44,5	21,9	12,2	0,2	—	—	99,9

2. Die mechanische Konstitution der Saanesande und ihre graphische Veranschaulichung.

Die Ergebnisse der mechanischen Analyse der 42 Saanesandproben und der Sandproben der Nebenflüsse sind in den Tabellen VI und VII zusammengestellt.

Bereits ein flüchtiger Blick auf Tabelle VI läßt erkennen, daß keine streng durchgehenden Gesetzmäßigkeiten bestehen. Um eine Übersicht zu gewinnen, wurden graphische Darstellungen herangezogen, ähnlich oder genau so, wie sie C. Burri in seiner Arbeit beschrieben hat (Lit. 10, S. 212 ff.). Vor allem wurden zuerst die Gewichtsprozente der einzelnen Körnerklassen durch nebeneinandergesetzte Säulen mit der Gesamtlänge 100 dargestellt. Es ergaben sich so 42 stark voneinander abweichende Bilder (Fig. 4). Für ihren Vergleich empfahl es sich, zuerst die Proben 31 und 32 auszuschneiden, da sie keine eigentlichen Flußsande, sondern Ablagerungen des Pérolles-Stausees (Freiburg) sind und als solche andern Gesetzen unterliegen als die übrigen Sande, die dem fließenden Gewässer entstammen.

Die 40 verbleibenden Diagramme lassen sich fast restlos in wenige Gruppen zusammenfassen. Um hierbei eine feste Grundlage zu haben, wurden für die einzelnen Körnerklassen die Mittelwerte aller 40 Sandproben berechnet. Es ergaben sich folgende Zahlen (vgl. das eingerahmte Diagramm der Fig. 4):

G = 2,7%	FS = 44,6%
VCS = 7,5%	SFS = 4,3%
CS = 17,7%	s = 1,0%
MS = 21,0%	c = 1,2%

Diesen Zahlen entspricht keines der 40 Diagramme vollständig. Am nächsten kommt ihnen vielleicht Nr. 29. Doch zeigen auch andere Diagramme einige Ähnlichkeit. Soll das Typische des Mittels aller 40 Diagramme darin gesehen werden, daß 1./ G immer klein ist, 2./ von G bis FS ein regelmäßiges Ansteigen statthat, 3./ FS selber ein deutliches, ungefähr bei 45 % gelegenes Maximum darstellt, dem dann 4./ ein plötzlicher Abfall über SFS (maximal noch 5,5 %) zu den ganz untergeordneten Körnerklassen s und c folgt, so könnten Nr. 9, 16, 27, 29 und 30 zu einem mittleren Typus (*Normaltypus* = NT; Fig. 4) zusammengefaßt werden. Von ihm aus lassen sich fast alle andern Diagramme leicht klassifizieren. Zwei Tendenzen treten sogleich

hervor. Das eine Mal wird FS viel wichtiger als im Normaltypus, das andere Mal zeigt sich eine gewisse Ausgeglichenheit der mittleren Säulen. Das Anwachsen von FS erfolgt auf Kosten der Fraktionen mit einem Korndurchmesser $> 0,25$ mm, und zwar entweder so, daß diese Fraktionen immer noch deutlich von G nach FS ansteigen und für MS Beträge erreichen, die im Mittel bei 25% liegen, oder dann so, daß auch MS klein wird, wodurch der Anstieg links von FS sich ähnlich gestaltet wie der Abfall rechts von FS. Es ergeben sich somit zwei gut charakterisierte neue Typen, ein intermediärer Typus (*MFS-Typus*) mit den Nr. 7, 18, 21, 34, 37, 41 und ein extremer Typus (*FS-Typus*) mit den Nr. 8, 19, 22, 25, 26, 28, 36, 39, 40. Anklänge zu dieser Entwicklung (also gegen hervortretendes FS hin) finden sich schon im Normaltypus bei Nr. 29. Dagegen neigen die andern vier Nummern von NT zu einer gewissen Ausgeglichenheit der mittleren Säulen. Sehr ausgeprägt ist dieser ausgeglichene Typus bei den Diagrammen 1 und 2. Sie sind daher zu einer eigenen Gruppe zusammengestellt, die das Bindeglied zu einem weitem Typus bildet, wo die Ausgeglichenheit entweder die Mehrzahl aller Säulen umfaßt oder aber auf das Intervall von der 3. bis 5. Säule beschränkt ist. Dabei erscheinen CS und FS immer als Maxima (*Typus CFS*; 3, 4, 5, 6, 11, 13, 20, 23, 24). Zweimal (Nr. 11 und 23) ragt CS über FS heraus. Das ergibt den Übergang zu den Fällen, wo CS einziges Maximum ist (*Typus CS*; Nr. 14, 15, 17, 33). Dem Normaltypus gegenüber bedeutet das eine wesentliche Verschiebung des Schwerpunktes nach den gröbern Körnerklassen hin. Diese Verschiebung kann noch weiter gehen und zum *VCS-Typus* führen, wo die zweitgrößte Klasse gewichtsprozentisch den Hauptanteil an der Sandzusammensetzung hat (Nr. 10, 12). Von den drei verbleibenden Diagrammen zweigen Nr. 38 und 35 von Nr. 30 des Normaltypus ab; Nr. 42 ist ganz singulär (FS ist Maximum; ihm kommt SFS, das bisher 15% nie erreichte, bis auf wenige Prozente gleich).

Um das Charakteristische dieser acht Typen noch schärfer hervortreten zu lassen, sind in Fig. 4 ihre Mittelwerte als Diagramme eingetragen. Sie sind durch das Fehlen der Nummer und auch dadurch kenntlich gemacht, daß sie in den einzelnen Reihen allgemein an letzter Stelle stehen. In der vierten Reihe sind die beiden Tendenzen, die an Nr. 1 und 2, bzw. 35 und 38 hervortreten, durch je ein besonderes Typendiagramm ver-

anschaulicht. Das Typendiagramm der letzten Reihe gehört einzig zu Nr. 10 und 12.

Eine von englischen und amerikanischen Autoren gebrauchte Art der graphischen Veranschaulichung, die C. Burri ebenfalls für das Studium der Tessinsande benützte und in seiner Arbeit eingehend beschrieb (Lit. 10, S. 215), stellt die Ergebnisse der mechanischen Analyse als Kurve dar. In einem rechtwinkligen Koordinatensystem (Fig. 5, darüber ausführlich S. 37f.) werden zunächst die Korndurchmesser als Abszissen eingetragen. Die zugehörigen Ordinaten stellen die Summe der Gewichtsprozente aller Körnerklassen dar, deren Korndurchmesser nicht kleiner sind als jener, der dem in Rede stehenden Punkt entspricht. Zur Veranschaulichung der Flußsande ist es aber nicht bequem, die Abszissen den S. 29 festgesetzten Korndurchmessern direkt proportional zu nehmen, weil bei einem praktisch möglichen Maßstab eine nicht mehr unterscheidbare Häufung der Punkte in der Nachbarschaft des Ursprungs stattfinden würde. Etwas günstiger wäre es (Lit. 2), die Abszisse als Logarithmus des Korndurchmessers abzutragen. Leider werden hierdurch die Punkte für SFS und s stark auseinandergezogen; c käme gar ins Unendliche zu liegen. Für Sandproben mit nicht verschwindendem c-Anteil ist also diese Darstellung nicht völlig zweckentsprechend. Viel empfehlenswerter scheint es, die Abszisse gleich der Quadratwurzel aus der Maßzahl des Korndurchmessers zu machen. Die Punkte, welche den groben Körnerklassen entsprechen, rücken so näher zusammen, als wenn die Abszissen den Durchmessern proportional genommen werden. Andererseits rücken sie für die kleinen Durchmesser nicht so extrem auseinander, wie bei der logarithmischen Darstellung. Auch kann c immer dargestellt werden.

H. A. Backer (Lit. 2) und C. Burri (Lit. 10) zeigen Wege, die es gestatten, die verschiedenen Sandproben zahlenmäßig miteinander zu vergleichen. Zu dem Zwecke wird zunächst der natürliche Sand durch einen «idealen Sand» ersetzt, bei dem alle Körner den gleichen Durchmesser haben. Die Kurve, die einem solchen idealen Sand entspricht, ist ein gebrochener Linienzug, der für die hohen Abszissenwerte mit der x-Achse zusammenfällt, dann an jener Stelle, welche die vorhandene Korngröße definiert, senkrecht ansteigt bis zur Ordinate 100 und weiterhin auf dieser Höhe verharret. Für einen natürlichen Sand wird die Kurve anfänglich flach verlaufen und dann um so steiler an-

steigen, je mehr sich der Sand einem «idealen» nähert. Das von der Kurve, der Abszissenachse und der rechten Endordinate (entsprechend der Korngröße 0) begrenzte Flächenstück mit der Inhaltzahl T wird sich mehr und mehr zu einem Rechteck gestalten, wenn der Sand dem idealen Fall näher kommt. Dividiert man den einem gewöhnlichen Sande zukommenden T-Wert (mittels eines Planimeters leicht bestimmbar) durch 100, so ergibt sich eine Größe a, die als «äquivalente Korngröße» bezeichnet wird und die Eigenschaft hat, daß ein idealer Sand dieser Korngröße den gleichen T-Wert ergibt wie der zugehörige natürliche Sand.

Jedem Sand entspricht eindeutig ein bestimmter a-Wert. Es ist aber nicht möglich, aus dem a-Wert einen Schluß zu ziehen über den Verlauf der Kurve. Hierfür ist eine weitere Größe erforderlich, die H. A. Backer als «Grading Faktor» g bezeichnet hat. Diese Größe definiert die Abweichung der wirklichen Kurve von der des substituierten «idealen Sandes». Zu ihrer Bestimmung wird die der «äquivalenten Korngröße» a entsprechende Ordinate in das Kurvendiagramm des natürlichen Sandes eingetragen. Es entstehen so zwei kleine Flächen, von denen die eine, V_1 , durch die Kurve, die Abszissenachse und die bei a aufsteigende Ordinate begrenzt wird, die andere aber, V_2 , zwischen dieser Ordinate, der Kurve und der Geraden mit der Ordinate 100 liegt. Diese beiden Flächen werden um so kleiner, je mehr sich der natürliche Sand dem «idealen» nähert. Mit Hilfe eines Planimeters lassen sich ihre Inhalte bestimmen. Bei richtiger Messung müssen sie sich als gleich ergeben. Wird die Summe $V_1 + V_2$ mit V, die von der Sandkurve bestimmte Fläche wie oben mit T bezeichnet, so ist der «Grading Faktor» g durch

$$g = \frac{T - V}{T} \text{ definiert. Für einen absolut «idealen» Sand wird}$$

$V = 0$, also $g = 1$. Für einen gewöhnlichen Sand wird V um so kleiner, je mehr er sich einem «idealen» Sand nähert; gleichzeitig wird g dem Werte 1 immer näher kommen.

Durch die beiden Größen a («äquivalente Korngröße») und g («Grading Faktor») ist die mechanische Zusammensetzung des Sandes weitgehend charakterisiert. Es wird sogar möglich, verschiedene Sande leicht miteinander zu vergleichen; man braucht nur diese beiden Größen in einem rechtwinkligen Achsensystem als Koordinaten eines Punktes zu deuten.

Die äquivalente Korngröße a ist ebenso wie der Grading Faktor g eine rein mathematisch definierte Größe und abhängig von der Darstellungsart der Kurve, welche die Zusammensetzung des Sandes wiedergibt. Dieser Umstand scheint nicht immer genügend beachtet worden zu sein. Es sei darum gestattet, ihn an Hand eines Beispiels etwas ausführlicher zu erläutern (Fig. 5).

Es liege ein Sand folgender Zusammensetzung vor:

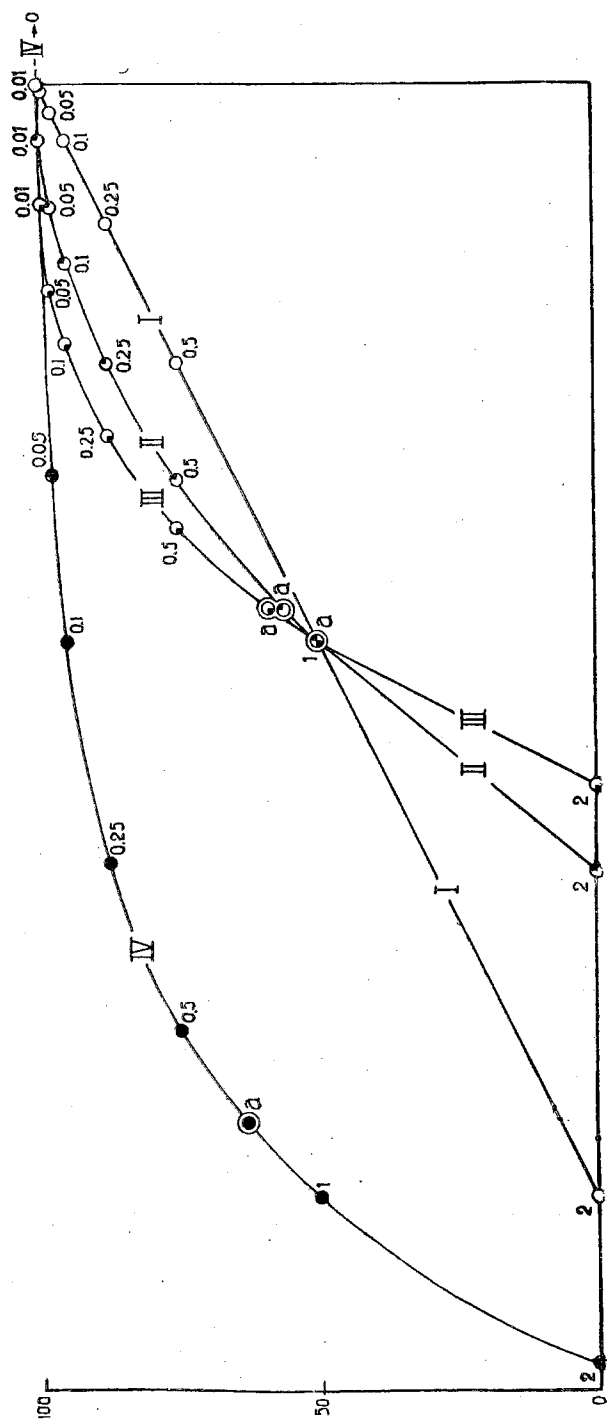
G = —	FS = 7,5 %
VCS = 50,0 %	SFS = 2,5 %
CS = 25,0 %	s = 2,0 %
MS = 12,5 %	c = 0,5 %

Kurve I (mit leeren Kreisen) veranschaulicht die Zusammensetzung, falls die Abszissenlängen den Korndurchmessern direkt proportional gesetzt werden. Messung und Rechnung ergeben für diese Kurve:

$$T = 100; \quad V = 50; \quad a = 1,0 \text{ mm}; \quad g = 0,50.$$

Werden als Abszissenlängen die Logarithmen der Korngrößen aufgetragen, so ergibt sich Kurve IV (mit ausgefüllten Kreisen). Kurve I gegenüber werden die Abszissen der feinen Körnerklassen übermäßig auseinandergezogen, während die Abstände zwischen den Abszissen der groben Körnerklassen relativ stark zusammenrücken. Durch Auswertung der Kurve werden folgende Werte gefunden: $T = 186,6$; $V = 30,2$; $a = 0,735 \text{ mm}$; $g = 0,838$. Aus dem Vergleich mit den erstgenannten Zahlen erkennt man, daß a viel zu niedrig, g aber viel zu hoch herauskommt. Praktisch ist dies belanglos, wofern nur Werte der gleichen Berechnungsweise miteinander verglichen werden.

Der bereits S. 35 genannte Übelstand, daß bei der logarithmischen Darstellung die Körnerklasse c nicht mehr eingetragen werden kann, ist so lange unerheblich, als c null oder wie im angenommenen Fall doch sehr klein ist. Bei den Saanesanden ist die Sachlage schon ungünstiger, da c für sieben Sande gleich oder größer wie 3% und bei den Proben aus dem Pérolles-See größer wie 50% ist. Auch bei den Sanden aus den Zuflüssen der Saane steigt c viermal über 4% hinauf. Hier wäre also die logarithmische Methode nicht empfehlenswert. Daß es wesentlich günstiger ist, die Abszissen als Wurzeln der Korngrößen darzustellen, zeigen — immer noch für den gleichen hypothetischen Sand wie bei Kurve I und IV — Kurve II (mit leeren



Figur 5. Verschiedene graphische Darstellungen der Kumulativprozent.

Kreisen, deren rechts oben gelegener Quadrant ausgefüllt ist), der die zweite Wurzel, und Kurve III (ebenfalls mit leeren Kreisen, in denen aber der links unten gelegene Quadrant ausgefüllt ist), der die dritte Wurzel der Korngrößen als Abszissenlänge zugrunde liegt. Die Verzerrungen gegenüber Kurve I sind bedeutend kleiner als bei Kurve IV. Die Ausmessung ergibt nämlich:

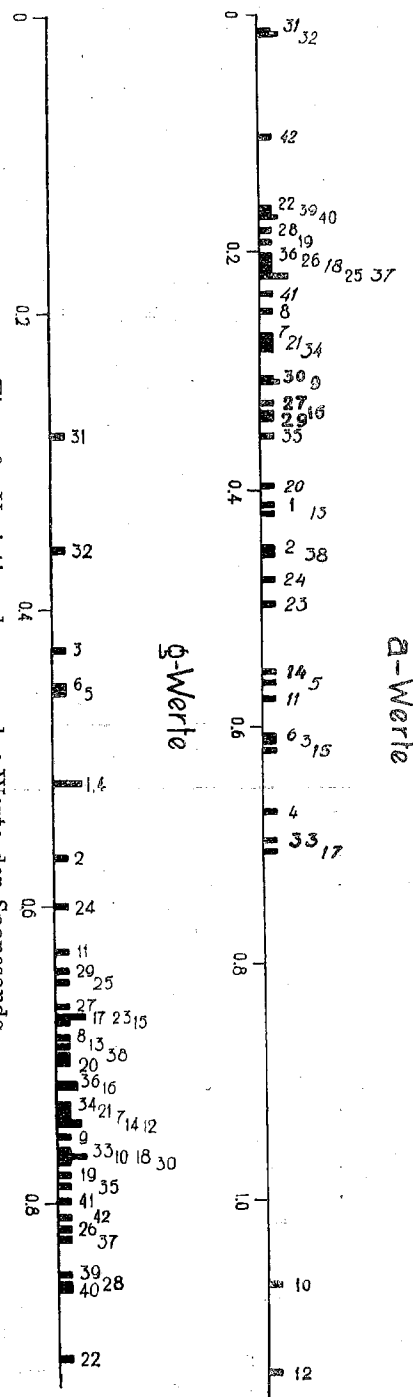
Kurve III: $T = 94,2$; $V = 20,0$; $a = 0,836$ mm; $g = 0,788$,
 Kurve II: $T = 94,5$; $V = 28,0$; $a = 0,893$ mm; $g = 0,729$.

Die Annäherung von T , V , a und g an die entsprechenden Werte der Kurve I ist bei Kurve II am größten. Da überdies bei ihr die Abszissen der groben Körnerklassen genügend reduziert und umgekehrt die der feinen Körnerklassen nicht allzu stark auseinandergezogen werden und im Gegensatz zur logarithmischen Darstellung alle Körnerklassen leicht darstellbar sind, wurde sie für die Diskussion der Saanesande endgültig adoptiert: die Abszissen sind also den Quadratwurzeln aus den Korndurchmessern proportional gesetzt.

Tabelle VIII. Variation von T , V , a und g der Saanesande.

Nr.	T	V	a	g	Nr.	T	V	a	g
1	64,2	31,0	0,412	0,517	22	43,5	7,0	0,163	0,905
2	67,0	29,0	0,449	0,567	23	70,5	23,0	0,497	0,674
3	78,2	44,8	0,612	0,427	24	69,0	27,6	0,476	0,600
4	82,0	39,6	0,672	0,517	25	47,0	16,4	0,221	0,651
5	75,0	40,8	0,563	0,456	26	45,4	9,6	0,209	0,818
6	78,0	42,8	0,608	0,451	27	57,2	19,0	0,327	0,668
7	52,0	13,4	0,270	0,742	28	42,7	6,2	0,182	0,855
8	50,0	15,6	0,250	0,688	29	58,4	20,8	0,341	0,644
9	55,6	13,6	0,309	0,755	30	55,5	12,6	0,308	0,773
10	103,5	24,0	1,071	0,768	31	12,0	8,6	0,014	0,283
11	76,0	27,0	0,578	0,630	32	12,5	8,0	0,016	0,360
12	107,0	27,2	1,145	0,746	33	83,5	19,6	0,697	0,765
13	64,8	19,8	0,420	0,694	34	53,0	13,6	0,281	0,734
14	74,4	19,0	0,554	0,745	35	59,6	12,6	0,355	0,789
15	78,8	25,4	0,621	0,678	36	45,0	12,6	0,203	0,720
16	58,0	16,2	0,336	0,721	37	46,9	8,2	0,221	0,825
17	84,0	27,4	0,706	0,674	38	67,5	20,2	0,456	0,701
18	46,5	10,8	0,216	0,768	39	41,0	6,2	0,168	0,849
19	43,8	9,6	0,192	0,781	40	41,2	5,8	0,170	0,859
20	62,0	18,6	0,397	0,705	41	48,8	9,8	0,238	0,799
21	52,5	13,8	0,276	0,737	42	32,6	6,2	0,106	0,810

Figur 6. Variation der a- und g-Werte der Saanesande.
Erstere zeigen Beziehungen zu den in Figur 4 definierten Typen (durch gewöhnliche, fette und kursive Schrift angedeutet).



Für jene Sandproben, bei denen die Körnerklasse G von Null verschieden ist, wurde die Kurve links bis zum Schnitt mit der Abszissenachse extrapoliert, und zwar so, daß die Gewichtsprozentage der Körner mit $k > 5$ mm eigens bestimmt und im Diagramm eingetragen wurden. Selbstverständlich wurde dieser extrapolierte Flächenteil bei der Bestimmung der Flächen T und V berücksichtigt.

Die aus solchen Quadratwurzel-Diagrammen erhaltenen Werte T, V, a und g sind in Tabelle VIII zusammengestellt. Sie lassen sich mit den von Burri gefundenen Zahlen für die Tessinsande nicht ohne weiteres vergleichen.

Aus Tabelle VIII ist ersichtlich, daß die Saanesande durch eine relativ große Variationsbreite der a- und g-Werte charakterisiert sind. Wenn, wie früher schon, von den Proben 31 und 32 abgesehen wird, so ergeben sich folgende Zahlen:

$$0,106 < a < 1,145 \text{ mm};$$

$$0,427 < g < 0,905.$$

Trägt man die a-Werte auf einer Skala auf (Fig. 6),

so heben sich bei Außerachtlassung der Proben 31 und 32 vier Gruppen ab:

I. $a = 0,106$ mm; Nr. 42; singular (vgl. S. 34).

II. $0,163 < a < 0,355$ mm. Gut geschlossene Gruppe mit den Nummern 22, 39, 40, 28, 19, 36, 26, 18, 25, 37, 41, 8, 7, 21, 34, 30, 9, 27, 16, 29, 35. Das sind die Vertreter des S. 33f. beschriebenen Normaltypus (fett), MFS- (kursiv) und FS-Typus (gewöhnliche Schrift). Daß diese drei Typen hinsichtlich der a-Werte als fast völlig abgegrenzte Einheiten erscheinen, ist beachtenswert. Nr. 35 gehört zu der vom Normaltypus abzweigenden Nebenreihe.

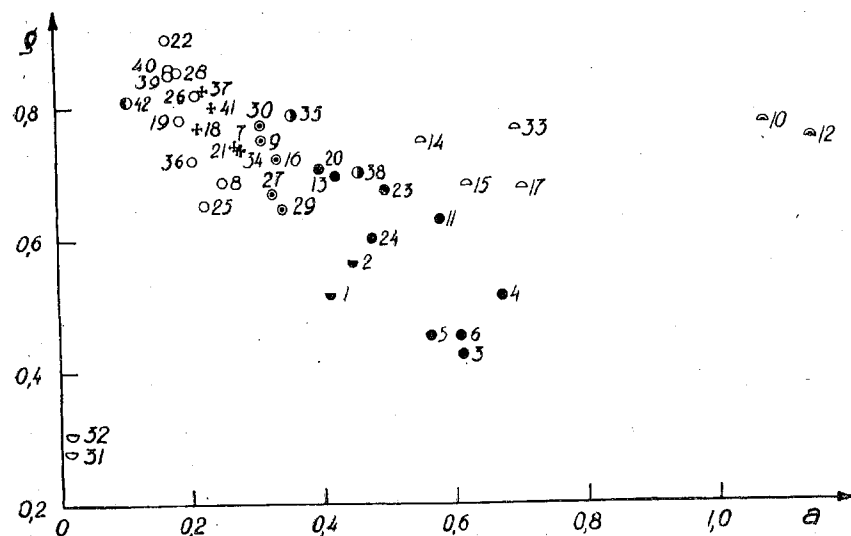
III. $0,397 < a < 0,706$ mm. Die 16 hierher gehörenden Proben bilden eine ziemlich lose Gruppe mit zwei Lücken, die größer sind als jene, die diese Gruppe von der vorangehenden sondert. Da ihre Unterteilung auf zu kleine Einheiten führt, sei davon abgesehen. Die Nummern, die sie umfaßt (Nr. 20, 1, 13, 2, 38, 24, 23, 14, 5, 11, 6, 3, 15, 4, 33, 17), verteilen sich auf den früher erwähnten ausgeglichenen Typus (gewöhnliche Schrift), den CFS- (kursiv) und den CS-Typus (fett). Nr. 38 gehört, wie vorher Nr. 35, der Nebenreihe an. Im ganzen steht für die Gruppe III die Reihenfolge der a-Werte zum Schema der Figur 4 nicht in so offensichtlicher Beziehung wie im Fall der Gruppe II.

IV. $a = 1,071$ bzw. $= 1,145$ mm. Die Sande (Nr. 10, 12) gehören zum grobkörnigen Typus VCS.

Abgesehen von diesen zwei absonderlichen a-Werten und den a-Werten der früher schon ausgeschlossenen Nummern 31 und 32 liegen alle übrigen zwischen 0,106 und 0,706 mm.

Die analoge Darstellung der g-Werte zeigt eine Häufung zwischen 0,630 und 0,859. Dieser engen Scharung gehen sieben isolierte Punktlagen voraus. Isoliert ist auch das Maximum. Eine Beziehung zu den in Fig. 4 aufgestellten Typen ist nicht ersichtlich.

Zur deutlichen Charakterisierung der Saanesande sind in Fig. 7 die a- und g-Werte in einem rechtwinkligen Koordinatensystem eingetragen. Die Nummern, die in Fig. 4 je zu einem Typus zusammengefaßt wurden, belegen hier zusammenhängende Felder, die sich allerdings hin und wieder etwas ineinanderschieben. Um dies ersichtlich zu machen, sind in Fig. 7 zusammengehörige Punkte durch gleiche Signierung einigermaßen hervorgehoben.



Figur 7. a, g-Diagramm der Saanesande.

Die in Figur 4 zu einem Typus zusammengefaßten Nummern sind durch übereinstimmende Signierung kenntlich gemacht.

Um von der großen Zeichenarbeit, die zur Ermittlung der a- und g-Werte erforderlich war, einiges zur Darstellung zu bringen, sind in Fig. 4 — ganz rechts außen — die Gebiete angedeutet, innert welchen sämtliche zu den einzelnen Proben des betreffenden Typus gehörenden Kurven liegen. Die dem Mittelwert des Typus entsprechende Kurve ist gestrichelt eingetragen. In der vierten Figur — von oben oder unten gerechnet — bezieht sich das rascher ansteigende Feld (soweit wie möglich horizontal schraffiert) auf die Proben 1 und 2, das andere Feld (in seinem breiteren Teile vertikal schraffiert) auf die Proben 35 und 38. Die Figur rechts unten umfaßt drei Typen: die beiden Kurven links, die sich etwas oszillierend durchschneiden, gehören zu 10 und 12; Nr. 31 und 32 ergeben zwei fast identische Kurven, die sehr steil gegen die Endkoordinate ansteigen; die Mittelkurve stellt Nr. 42 dar. — Wie typisch alle diese Figuren voneinander abweichen, wird besonders deutlich beim Aufeinanderlegen ihrer Pausen.

IV. Mineralogische Analyse der Saanesande.

1. Bestimmungsmethode.

Zur Bestimmung des Mineralbestandes der Saanesandproben wurde ähnlich vorgegangen, wie es C. Burri in seiner Arbeit beschrieben hat (Lit. 10, S. 221). Schon mit einer gewöhnlichen Lupe läßt sich erkennen, daß viele Körner — nicht nur der groben, sondern aller, auch der feinsten Fraktionen — nicht homogene Kristallsplitter sind, sondern (mono- und polymineralische) Gesteinsbruchstücke darstellen. Diese nicht homogenen Körner wurden für die Mineralbestimmung im allgemeinen nur dann berücksichtigt, wenn die in ihnen enthaltenen Einzelminerale nicht allzu klein waren. Die homogenen Körner sind, wie sich mit der stark vergrößernden Binokularlupe leicht feststellen läßt, hauptsächlich Calcit oder Quarz. Feldspat- und Glimmerindividuen sind schon viel weniger zahlreich, die übrigen Mineralien im allgemeinen recht selten. Um sie leichter aufzufinden, wurden sie von den erstgenannten getrennt (nach spezifischem Gewicht und magnetischem Vermögen).

Die Trennung nach dem spezifischen Gewicht erfolgte mittelst Bromoform (spez. Gew. 2,9) in einem zweihahnigen Scheidetrichter. Die schwere Fraktion (meist weniger als 1%, nie über 2% der ganzen Sandmenge) und nur diese wurde auf den Magnetismus geprüft. Zu dem Zweck wurden die Körner in möglichst dünner Schicht auf einer Glasplatte ausgebreitet, diese vor einem Elektromagneten, dessen Polschuhe nach Angabe von Holmes (Lit. 26, S. 90) eingerichtet waren, sorgsam vorbeigezogen, so daß sukzessive alle Körner unter die Polschuhe zu liegen kamen. Die Platte, die anfänglich in einer gewissen Entfernung von den Polschuhen war, wurde diesen nach und nach immer näher gebracht, bis schließlich die Körner mit den Polen fast zur Berührung kamen. So konnte in verhältnismäßig kurzer Zeit eine sozusagen vollkommene Trennung der magnetischen Mineralien von den nicht magnetischen erreicht werden. Zugleich wurde verhindert, daß unmagnetische Mineralkörner durch die magnetischen an die Polschuhe gerissen wurden.

Durch diese beiden Trennungen war der Sand in drei Fraktionen geschieden; nämlich 1./ in leichte, 2./ in schwere, nicht magnetische und 3./ in schwere magnetische Mineralien. Jede Fraktion wurde mit einer stark vergrößernden Binokularlupe

im auffallenden und durchfallenden Licht näher studiert. Mit der Zeit ließen sich verschiedene Mineralien verhältnismäßig rasch bestimmen, so z. B. Aktinolith, Apatit, Aragonit, Biotit, Calcit, Dolomit, Epidot, Granat, Hornblende, Limonit, Magnetit, Muskowit, Pyrit, Quarz, Rutil, Spinell, Staurolith, Turmalin, Zirkon usw. Diejenigen Körner, die genauer zu untersuchen waren, wurden je nach Durchmesser mit einer Nadel oder einem fein ausgezogenen Glasstab herausgeholt, auf einem Objektträger in geeignete Flüssigkeiten eingebettet und unter dem Polarisationsmikroskop nach den üblichen Methoden bestimmt¹. Waren die Körner für diese Untersuchungen zu dick, so wurden sie auf dem Objektträger mit einem Glasstab zerdrückt. Hierbei traten auch eventuelle Spaltbarkeiten schön und deutlich in Erscheinung. Die Zertrümmerung selber war für die Körner der Klasse FS noch öfters notwendig. Erst bei der Körnerklasse SFS konnte im allgemeinen davon Umgang genommen werden.

2. Die Mineralien der Saanesande.

Da sich im Einzugsgebiet der Saane Sedimente verschiedenster Art und Herkunft befinden, durften in den Sanden die mannigfaltigsten Mineralien erwartet werden. Die wirklich gefundenen sind in Tabelle IX aufgeführt, gruppiert zunächst nach den erwähnten drei Fraktionen und hier wiederum geordnet nach zunehmendem spezifischem Gewicht.

Nachstehend sind die für die Saanesandmineralien charakteristischen Eigenschaften der Form, Begrenzung, Spaltbarkeit, Farbe, Durchsichtigkeit usw. kurz zusammengestellt. Auch eventuelle Vereinbarungen hinsichtlich der Namengebung, sowie Bemerkungen über das Auftreten und Verhalten längs des Flußlaufes sind beigelegt. Über letztere Eigentümlichkeit orientiert in besonderer Weise Tabelle X. In derselben ist das Vorhandensein des Minerals durch +, das Fehlen durch — angegeben. Auf Grund dieser Tabelle lassen sich drei Gruppen unterscheiden: 1./ Mineralien, die dem ganzen Flußlauf entlang auftreten und höchstens in der einen oder andern Probe — wohl zufällig — nicht gefunden wurden. Sie können als *konstante* Mineralien bezeichnet werden. 2./ Mineralien, die nur in einem bestimmten

¹ Beim Bestimmen der verschiedenen Mineralien usw. stützte ich mich vor allem auf P. Niggli, Tabellen zur allgemeinen und speziellen Mineralogie. Weiterhin bediente ich mich Lit. 36, 37, 40, 43.

Tabelle IX. Die Mineralien der Saanesande nach spez. Gewicht und Magnetismus¹.

Ausgangsmaterial		
Trennung mit Bromoform vom spezifischen Gewicht 2,9		
leichter als Bromoform	schwerer als Bromoform	
Gips	elektromagnetische Trennung	
Feldspäte		
Orthoklas	unmagnetisch	magnetisch
Mikroclin	Anhydrit	Chlorit
Plagioklas	Aragonit	Biotit
Quarz	Apatit	Aktinolith
Calcit	Fluorit	Smaragdit
Glaukonit	Titanit	Gew. Hornblende
Dolomit	Spinell	Glaukophan
Muskowit	Disthen	Turmalin
	Limonit	Epidot
	Brookit	Staurolith
	Rutil	Granat
	Zirkon	Hämatit
	Baryt	Magnetit
	Pyrit	
	Gold	Carborundum

Abschnitt des Flußlaufes erscheinen und daher *regionale* Mineralien heißen mögen. 3./ Mineralien, die im Flußlauf nur vereinzelt und sporadisch, bald hier, bald dort gefunden wurden, also ein unregelmäßiges und seltenes Auftreten haben. Sie seien *akzidentelle* Mineralien genannt.

Zu den *konstanten* Mineralien gehören Aktinolith, Apatit, Aragonit, Baryt, Biotit, Calcit, Chlorit, Dolomit, Feldspat, Glaukonit, Limonit, Magnetit, Muskowit, Pyrit, Quarz, Rutil, Turmalin und Zirkon. Wegen ihres steten Auftretens scheinen sie zunächst

¹ In dieser Tabelle fehlt ein Mineral, das im Abschnitt »Gesteine des Saanegebietes« mehrmals genannt wurde: Serpentin. Trotz eifrigem Suchen konnte dieses Mineral in den Saanesanden nicht gefunden werden. Dies erscheint mir um so merkwürdiger, als ich im Saanegestehie vielfach Serpentinesteine beobachtet habe. Ich muß annehmen, daß mikrokristalliner, frischer Serpentin in den Saanesanden fehlt oder doch nur ganz selten getroffen wird; in kryptokristalliner oder durch Zersetzung unkenntlich gewordener Ausbildung mag er als nicht-homogenes Material unberücksichtigt gelassen worden sein.

Tabelle X. Variation des Mineralbestandes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Aktinolith	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Anhydrit	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Apatit	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Aragonit	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Baryt	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+
Biotit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Brookit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Chlorit	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Disthen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dolomit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Epidot	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Feldspat	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Fluorit	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
Gips	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glaukonit	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
Glaukophan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gold	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Granat	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Hämatit	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Hornblende	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Limonit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Magnetit	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Muskowit	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyrit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Quarz	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Rutil	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
Smaragdit	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spinell	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Staurolith	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Titanit	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turmalin	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-
Zirkon	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+

der Saanesande längs des Flußlaufes.

	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

weder für die mineralogische Charakterisierung gewisser Flußstrecken noch für die Sandzufuhr aus bestimmten Nebenflüssen bedeutungsvoll zu sein. Indessen steht die Ausbildung dieser Mineralien oft mit der Petrographie des Einzugsgebietes in enger Beziehung. Auch fällt zuweilen eine unvermittelte örtliche Mengenzunahme einzelner derselben auf. Solche Tatsachen sind aber aus Tabelle X nicht erkennbar. Sie wurden daher, wie schon gesagt, in der folgenden Mineralbeschreibung kurz vermerkt. Die Hinweise auf quantitative Zu- oder Abnahme beruhen jedoch nicht auf genauen Zählungen, sondern auf bloßen Schätzungen in dem Sinne, daß für jede Probe die Zahl der untersuchten Körner ihrem totalen Anteil im Sand ungefähr proportional gesetzt wurde. Daß hierdurch nur größere Mengenschwankungen bestimmt werden konnten, ist begreiflich; aber gerade auf diese war es abgesehen, da geringere Schwankungen allzu stark von unkontrollierbaren Zufällen abhängig sind.

Die *regionalen* Mineralien sind Anhydrit, Disthen, Epidot, Fluorit, Gips, Glaukophan, Granat, Hornblende, Smaragdit, Spinell, Staurolith.

Als *akzidentelle* Mineralien sind zu nennen: Brookit, (Carborundum, Diopsid), Gold, Hämatit und Titanit. Die beiden ersten und das letzte wurden nur je in einem einzigen Korn festgestellt (Carborundum: synthetisches Produkt; Probe 26).

Aktinolith wurden die in fast allen Sandproben auftretenden Amphibole genannt, deren Auslöschungsschiefe n_y/c kleiner ist als 15° und deren Farbe zwischen weiß, gelbgrün, grün und braungrün variiert. Aktinolith und Grammatit werden also nicht auseinandergehalten. Der Pleochroismus nimmt mit der Intensität der Färbung zu, ist aber im allgemeinen nur schwach. Der Aktinolith bildet meistens spießigstrahlige Aggregate mit leistenförmigen Einzelindividuen, tritt aber auch in mehr stengeliger Form auf. Stets ist die prismatische Spaltbarkeit gut erkennbar und bewirkt bei den stengeligen Individuen eine Ausfransung der Enden. Allgemein nur in kleinen Mengen vorhanden; in den Proben 15 und 33 etwelche Zunahme.

Anhydrit. Stets dünnplattig, farblos, klar durchsichtig. Oberfläche in der Regel stark geätzt. Aus den optischen Verhältnissen erkennt man, daß die Spaltbarkeit nach (001) die Dünnplattigkeit bewirkt. Die zu n_y parallelen Begrenzungslinien der Blättchen und einige Risse der gleichen Richtung lassen die Spaltbarkeit nach (010) erkennen. Charakteristisch

ist auch eine zickzackförmige Begrenzung mit Winkeln, die bei 83° liegen und mit Berücksichtigung der optischen Orientierung auf Flächen (110) hinzuweisen scheinen. — Das Mineral ist einzig im Oberlauf reichlicher vorhanden. In Nr. 16 und 18 tritt es nur vereinzelt auf.

Apatit zeigt zwei Ausbildungsformen. In der einen bildet er dünne Basistafeln mit meistens guterhaltener hexagonaler Begrenzung. Diese Individuen sind farblos oder weißlich und infolge Trübung oder dunklen Einschlüssen nur schwach durchsichtig. Die andere Ausbildungsform stellt weiße bis farblose, durchscheinende bis durchsichtige Kristallbruchstücke dar, die — mit Ausnahme einer zufälligen frischen Bruchfläche $\pm$ parallel (0001) — stark gerundet sind, so daß kristallographische Begrenzung nie zu erkennen war; die dunklen Einschlüsse fehlen vollständig.

Apatit der ersteren Ausbildungsform tritt in Probe 4 plötzlich in größerer Menge auf. Weiter flußabwärts nimmt er zunächst noch zu, bleibt dann konstant und verzeichnet besonders von Probe 12 an eine starke Abnahme. Bei Probe 16 wieder starke Zunahme; darauffolgend Abnahme. Erneute starke Zunahme bei Probe 19. Von da an erscheint auch die zweite Ausbildungsform in wachsender Menge. Neben ihr nehmen die Basistafeln talabwärts langsam ab und verschwinden streckenweise (30, 33, 38) vollständig. In Nr. 37 und 39, besonders aber in Nr. 40 werden sie wieder häufiger. Parallel dazu wird die zweite Ausbildungsform, die von Probe 19 an langsam zunahm, flußabwärts $\pm$ konstant, nimmt dann langsam ab (bei Nr. 34 schon gut bemerkbar), verschwindet bei Nr. 38 fast vollständig, wächst aber bei Nr. 40 nochmals an.

Aragonit, der im Saanesand gewöhnlich nur in kleiner Menge auftritt, zeigt zwei Ausbildungsformen A_1 und A_2 . In der ersten ist er prismatisch bis parallelstrahlig nach der c-Achse und zeigt einerseits lose Individuen mit Spaltrissen und Spaltflächen nach (010), (011) und (110) (hiernach auch Zwillinglamellen), andererseits aber parallelstrahlig struierte Aggregate mit einheitlicher optischer Orientierung und ausgefranst Enden. In der A_1 -Form tritt der Aragonit von Probe 6 an vereinzelt auf, wird von Probe 9 an häufiger, zeigt bei Nr. 17 nochmals eine gewisse Zunahme, nimmt dann aber rasch ab und verschwindet bald vollständig, um in dieser Ausbildung erst wieder bei Nr. 39 beobachtet zu werden.

In Probe Nr. 20 wurde erstmals die A_2 -Ausbildungsform des Aragonits beobachtet. Diese zeigt radialstrahlige, feinst-faserige Aggregate von kegelförmiger Gestalt. Faserrichtung parallel n_γ (= c-Achse). An der Kegelspitze sind die Körner farblos und durchsichtig; gegen die unregelmäßige Außenfläche hin werden sie auf Kosten der Durchsichtigkeit immer brauner. Diese Aragonitart, die nur in kleinster Menge vorkommt, wird flüßabwärts immer seltener und konnte im Unterlauf streckenweise überhaupt nicht mehr gefunden werden.

Baryt. Die Körnchen sind stets nach (001) oder (110) plattig. Spalttrisse und die durch Spaltflächen beherrschte Begrenzung erleichtern die Diagnose. Farblos oder weißlich; meistens gut durchsichtig.

Biotit, stets blätterig, erscheint bald mit schmutziggrüner, bald mit gelb- bis dunkelbrauner Farbe. Beide Arten, besonders die braune, sind so stark zersetzt, daß die Durchsichtigkeit der Blättchen sehr beeinträchtigt wird, ja sogar auf ein schwaches randliches Durchscheinen reduziert ist. Erzeinschlüsse und Sagenitbildungen (von Nr. 18 an) wurden oft beobachtet. Im Oberlauf nur spärlich und bloß in braunen Individuen vorhanden. Von Nr. 24 ab starke Zunahme und Nebeneinander der braunen und grünen Varietät.

Brookit. Ein einziges Korn in der bekannten alpinen Ausbildung: dünn tafelig nach (100) mit starker Streifung nach [001]. Die Begrenzung ist unregelmäßig, die Farbe gelblich. Dispersion der optischen Achsenebene gut erkennbar.

Calcit. Es wurden nur solche Körner vermerkt, die Einzelkriställchen (unversehrt oder zerbrochen) darstellen. Kalksteinsplitter, die nach Seite 43 nicht homogen zu nennen sind, blieben außer Betracht. Die homogenen Calcitkörner sind vielfach farblos, auch weiß bis gelblich gefärbt. Ihre Form entspricht zumeist der rhomboedrischen Spaltbarkeit. Vollkommen ausgebildete Spaltrhomboeder, oft mit einem wahren Netz von Zwillingslamellen, sind häufig. In vereinzelten Fällen finden sich vollkommen unbeschädigte Kriställchen, an denen, nebst dem Spaltrhomboeder, auch das hexagonale Prisma und ein bis zwei Skalenoeder in guter Ausbildung zu erkennen sind. Die Häufigkeitsvariation längs des Flußlaufes ist aus Fig. 8 ersichtlich.

Chlorit hat zweifaches Aussehen. In der einen Form bildet er dunkelgrüne, harte, äußerst feinkristalline rundliche Körner, die untergeordnet fast in allen Sandproben zu finden sind. Nach

den Festlegungen von Seite 43 gelten diese Körner als nicht homogen und wurden nicht weiter beachtet.

In der andern Form bildet der Chlorit undeutlich begrenzte Basisblättchen. Zuweilen lassen sich randliche Winkel von 120° bestimmen, die mit Wachstumsflächen in Zusammenhang gebracht werden können. Manche Körner sind linsenförmig gerundet. Gute Durchsichtigkeit, hoher Glanz. Farbe leicht wechselnd zwischen grünlichgelb und gelbgrün. Lichtbrechung ca. 1,62, Doppelbrechung sehr klein. Auch der Achsenwinkel des zweiaxig negativen Minerals ist sehr klein.

Chlorit, wie er eben beschrieben ist, fand sich vereinzelt in den Proben 2 und 3. In der Probe 4 tritt er plötzlich sehr reichlich auf und bildet die Hauptmasse der schweren magnetischen Fraktion. In Nr. 5 ist er noch häufiger. In Nr. 10, unterhalb der Mündung des Rio de Flendruz, beträgt sein Anteil an der schweren magnetischen Fraktion über 80%. Von hier weg ist, mit Ausnahme von Probe 12 (unterhalb der Tournèressemündung), die ein nochmaliges Ansteigen aufweist, eine langsame Abnahme zu verzeichnen bis zur Probe 16, die wiederum eine starke Zunahme erkennen läßt. Von Nr. 18 an, bei der die Chloritblättchen immer noch die Mehrheit der magnetischen Fraktion ausmachen, ist eine langsame, aber stetige Abnahme zu konstatieren, bis dann von Nr. 30 ab das Mineral, wenn überhaupt vorhanden, nur noch spärlich gefunden wird. Erst bei Nr. 36 und besonders bei Nr. 37 wird es wieder häufiger. In Nr. 38 selten, ist es in den vier letzten Proben, besonders in Proben 39 und 40, in großer Menge zugegen.

Disthen bildet klar durchsichtige, farblose bis hellbläuliche Kristalle, die, nach der Auslöschungsschiefe ($n_\gamma/c = 30^\circ$) zu urteilen, Spaltblättchen nach (100) darstellen. Die Begrenzung ist quadratisch bis kurzstengelig nach [001]. Plattigkeit nach (010) nie beobachtet. Erstmals in Nr. 16 erscheinend, wird Disthen von Nr. 30 ab etwas häufiger.

Dolomit läßt sich durch seine höhere Lichtbrechung leicht von Calcit unterscheiden. Er zeigt zwei Ausbildungsformen. Die weniger häufige wird vom Spaltrhomboeder gebildet. Farbe weiß bis weißgrau oder gelbgrau. In der andern Form werden die Kriställchen (farblos, durchsichtig) von (01 $\bar{1}$ 2) umgrenzt (die Flächen sind nach der kurzen Diagonale stark gestreift oder sogar gerieft; es entsteht so manchmal ein fast kreisförmiger Umriß). (10 $\bar{1}$ 1) immer zu erkennen; auch (10 $\bar{1}$ 0) und (0001)

etwa vorhanden. Die Individuen dieser zweiten Ausbildung stellen sich in der Einbettungsflüssigkeit meistens so, daß die Hauptachse zur Mikroskopachse parallel ist.

In den drei obersten Sandproben selten und immer vom Spaltrhomboeder begrenzt, erscheint das Mineral in Nr. 4 plötzlich in großer Zahl. Vor allem flachrhomboedrische Ausbildung; viel seltener Spaltungsrhomboeder. In den folgenden Proben nehmen die Dolomitmörner noch weiter zu, bis zu einer ziemlich konstanten Menge. Bei Nr. 13 merkwürdige Abnahme, bei Nr. 15 erneutes Anwachsen. Ab Nr. 25 langsame, konstante Abnahme. Sie betrifft insbesondere die flachrhomboedrischen Dolomitmörner, die von Nr. 33—39 vollständig fehlen. Bei Nr. 39 setzt eine allgemeine, aber schwache Dolomit-Zunahme ein.

Epidot, grünlichgelb, ist nach der Spaltform (001) (erkennbar an der senkrecht ausstechenden optischen Achse) $\pm$ dicktafelig. Habitus gerne breitstengelig nach der b-Achse. Im allgemeinen besitzen die Körner hohen Glanz und sind klar durchsichtig. Indessen finden sich auch $\pm$ getrübt Individuen (Zersetzungerscheinungen?). Vom ersten Auftreten ab (Nr. 29) stets in relativ großer Menge vorhanden.

Feldspat. In der tabellarischen Zusammenstellung wurden die einzelnen Glieder der Feldspatgruppe nicht auseinandergehalten, wohl aber bei der Mineralbestimmung selber. Die besondern Merkmale der wichtigsten Gruppenvertreter seien daher einzeln besprochen.

Orthoklas ist infolge Umwandlung immer stark getrübt. Farbe grauweiß, grünlich bis bräunlich. Die Zersetzung ist oft so stark vorgeschritten, daß die optischen Eigenschaften völlig anders geworden sind.

Mikroklin, an seiner typischen Gitterstruktur leicht erkennbar, ist im Vergleich zum Orthoklas verhältnismäßig frisch.

Bei den *Plagioklasen* sind die sauren Glieder (Oligoklas—Andesin) am häufigsten. Lichtbrechung und Auslöschungsschiefe weisen zuweilen auch auf basischere Plagioklase hin. Diese sind viel stärker zersetzt und getrübt als die sauren Glieder, die gewöhnlich ein recht frisches Aussehen haben. Die polysynthetische Zwillingslamellierung ist meist noch deutlich erkennbar.

Über die Häufigkeit der Feldspäte längs des Flußlaufes orientiert Fig. 8.

Fluorit. Unregelmäßige Bruchstücke mit Andeutungen oktaedrischer Spaltbarkeit. In seltenen Fällen können vollständige, wenn auch stark verzerrte Oktaederchen gefunden werden. Die Bestimmung ist wegen der niedrigen Lichtbrechung ebenso eindeutig wie leicht. Kommt immer nur in kleiner Menge vor.

Gips ist nach der ausgezeichneten Spaltform (010) stets dünntafelig. Begrenzung allgemein unregelmäßig, Ecken immer gerundet. Farbe gewöhnlich weiß. Oberflächlich sind die Körner stark angegriffen. Auf der Spaltfläche (010) ist die geringe Auslöschungsschiefe gegenüber dem faserigen Bruch oft meßbar und charakteristisch. Das Vorkommen des Minerals beschränkt sich auf vier Proben des Oberlaufes.

Glaukonit ist selten in selbständigen Körnern entwickelt, sondern meistens als Einschluß in dichtem Calcit oder Quarz vorhanden. Äußerst feinkristallin. Farbe dunkelgrün; oft fleckig.

Glaukophan wurden Amphibole genannt, die einen von blau nach violett gehenden Pleochroismus zeigen und eine Auslöschungsschiefe n_y/c von etwa 5° haben. Stets langprismatische Spaltungsstückchen von dunkelblauer bis blauschwarzer Farbe. Nur in kleinsten Mengen vorhanden. Nachdem das Mineral schon in Nr. 19 aufgetreten, findet es sich von 29 bis 40 in allen Proben; trotz aller Sorgfalt in Nr. 41 u. 42 nicht mehr feststellbar.

Gold. Kleine, vereinzelte Blättchen mit zierlichen, dreiseitigen Wachstumsfiguren, meistens von einer dünnen Karbonathaut überzogen.

Granat bildet gewöhnlich unregelmäßig begrenzte, runde Körner. Auf der Oberfläche kann vielfach eine merkwürdige Zeichnung — schuppenähnlich bis dachziegelartig — wahrgenommen werden. Sie setzt sich aus Sechsecken zusammen, an denen zwei parallele Seiten länger sind als die vier andern. Die langen Seiten haben nicht überall die gleiche Richtung. Im Gegenteil, es können drei solcher Richtungen festgestellt werden. Übereinstimmend orientierte Sechsecke liegen in paralleler Anordnung haufenweise nebeneinander. Für die zwischen je zwei Seiten gelegenen innern Winkel ergibt die Messung Werte von 110° bzw. 125° . Das sind sehr genau die Winkel der Geraden, in denen eine Rhombendodekaederfläche von den übrigen Flächen dieser Form getroffen wird. Es kann also angenommen werden, daß diese dachziegelartige Zeichnung mit der schwachen Spaltbarkeit des Granates nach (110) in ursächlichem Zusammenhang steht.

sammenhang stehe. Der Granat erscheint aber auch in ringsum ausgebildeten Kristallen. An diesen kann (110) allein auftreten oder mit (211) kombiniert sein. Im letzteren Falle herrscht (211) schwach vor und läßt die bekannte Streifung parallel den Rhombendodekaederkanten gut erkennen. Farbe rötlichbraun bis hellrosa, im Mikroskop fast farblos.

Bereits in einzelnen Proben des Oberlaufes vorhanden, findet sich Granat von Nr. 21 ab in allen untersuchten Sanden und erscheint zugleich in etwas größerer Menge.

Hämatit. In frischem Zustand sehr selten. Begrenzung unregelmäßig. Auch eisenrosenartige Bildungen. Auf dem Basispinakoid können Rutilkriställchen wahrgenommen werden.

Hornblende ist als Gesamtbezeichnung für alle Amphibole gewählt, die dunkelgrün, grünschwarz oder braunschwarz gefärbt sind und eine Auslöschungsschiefe n_y/c von 15° oder noch etwas mehr zeigen. Immer langprismatisch. Wohl nie frisch, sondern regelmäßig stark zersetzt. Oft nur noch schwach kantendurchscheinend (ähnlich wie bei Biotit). In der Häufigkeit des Auftretens zeigt Hornblende große Ähnlichkeit mit Granat.

Limonit werden alle Körner genannt, die Eisenoxydhydrate darstellen. Auch $\pm$ umgewandelte Pyritkörner wurden oft dazu gerechnet. Nur wenn diese die Pyritform noch deutlich zeigten, wurden sie zu Schwefelkies gerechnet, weil bei ihnen die Umwandlung erst oberflächlich erfolgt ist.

Limonit wurde in den schweren Fraktionen aller Sandproben häufig gefunden. Besonders stark vertreten in den Sanden des Saaneoberlaufes. Charakteristische Mengenänderungen längs des Flußlaufes nicht festgestellt.

Magnetit erscheint meistens in Form unregelmäßiger Körner mit warziger, feingranulierter Oberfläche. Hin und wieder konnten auch gut ausgebildete Oktaederchen beobachtet werden, so in den Proben 9, 11, 14, 16, 28, 29. Die Farbe zeigt in der Mehrzahl der Fälle nicht mehr das für den Magnetit charakteristische Schwarz, sondern eine $\pm$ braune Tönung, wohl von einer oberflächlichen Umwandlung in Eisenoxydhydrate herrührend. Magnetismus so stark, daß die Körner bis zu einem Millimeter weit an eine hingehaltene Nadelspitze hinaufzuspringen vermögen. Im Zweifelsfalle wurden alle rostfarbenen Körner mit starkem Magnetismus zum Magnetit gezählt.

In den obersten Sandproben ist der Magnetit, wenn überhaupt vorhanden, durchweg selten. Erst bei Nr. 9 wird er häu-

figer, nimmt dann bis Nr. 17 zu, bleibt nachher konstant bis zu Nr. 24, wo eine starke Abnahme zu verzeichnen war. In den Nr. 28 und 29 konnte eine nochmalige Zunahme, in Nr. 36 eine schwache Abnahme beobachtet werden.

Muskowit bezeichnet hier alle Glimmerblättchen der leichten Mineralfraktionen, die farblos bis schwach grünlich oder gelblich sind, einen starken Silberglanz zeigen und bei konoskopischer Betrachtung das für Muskowit so typische Achsenbild erkennen lassen. Die kleinen in den Fraktionen SFS und s auftretenden Muskowitschüppchen werden also nicht gesondert unter Sericit aufgeführt.

Pyrit hat seine Eigenfarbe infolge Oxydation häufig verloren. Er ist dann mehr oder weniger rotbraun angelauten. Die Umwandlung in Eisenoxydhydrate kann zuweilen unter guter Erhaltung der äußern Form so weit vorgeschritten sein, daß beim Zerschlagen des Kornes keine oder nur wenig Pyritsubstanz gefunden wird.

Der Pyrit hat zweierlei Gestalt: Kügelchen und gut gebildete Kristalle. Die Kügelchen, schwach linsenförmig abgeplattet, können als selbständige Sandkörner erscheinen. Meistens erfüllen sie aber als dicht gescharte Einschlüsse kleine Gesteinstrümmen mit feinkristalliner, meistens calcitischer Grundmasse. An ihrer Oberfläche zeigen sie hin und wieder kleine quadratische Erhebungen, die sich als winzige Einzelkriställchen deuten lassen, ähnlich wie sie an größeren kugeligen Pyritkonkretionen von Cerniat bekannt geworden sind (Lit. 38).

An den kristallographisch gut begrenzten Pyritkriställchen ließen sich (100), (210) und (111) bestimmen. Das Oktaeder erscheint immer nur in Kombination mit den andern Formen. Diese Kombinationen haben mannigfaltigstes Aussehen. Zwei Typen lassen sich deutlich unterscheiden, je nach vorherrschendem Würfel oder vorherrschendem Pentagondodekaeder. Viele dieser Pyritkristalle zeigen starke Streifung nach [100].

In der Probe 1 ist der Pyrit hauptsächlich in der kugeligen Ausbildung vorhanden und bildet die Hauptmenge der schweren Fraktion. Körner mit Kristallformen kommen nur untergeordnet vor. Flußabwärts nimmt der Pyrit langsam an Menge ab, vor allem die kugelige Ausbildung. Zwischen Nr. 10 und 14 ist er selten geworden. Nr. 15, besonders aber Nr. 16 zeigen eine starke Zunahme an deutlichen Einzelkristallen. Von Nr. 22 an nimmt er stetig ab. Gleichzeitig erscheinen die Pyritkristalle je weiter

je stärker oxydiert und zerbrochen. Bei Nr. 40 wird eine nochmalige Pyritzunahme beobachtet; auch treten wieder vollkommen frische, nicht oxydierte Kristalle auf.

Quarz — nur homogene Individuen, nicht Quarzitsplitter usw. — bildet zumeist unregelmäßig begrenzte Bruchstücke, die gewöhnlich klar und farblos sind, jedoch auch weiße, graue und gelbe Tönung haben können. Hin und wieder erscheint die Oberfläche stark geätzt. Im Oberlauf des Flusses werden mit einer gewissen Häufigkeit Quarzkörner gefunden, an denen einzelne Kristallflächen erhalten sind. Es sind meistens Prismenflächen. Auch vollkommen erhaltene Kriställchen finden sich. Sie sind immer nach der c-Achse gestreckt. Manchmal sind sie sogar ringsum ausgebildet. Folgende Kombinationen wurden bestimmt: $(10\bar{1}0) \cdot (10\bar{1}1) \cdot (01\bar{1}1)$; $(10\bar{1}0) \cdot (10\bar{1}1) \cdot (01\bar{1}1) \cdot (11\bar{2}1)$; $(10\bar{1}0) \cdot (10\bar{1}1) \cdot (01\bar{1}1) \cdot (6\bar{1}51)$; $(10\bar{1}0) \cdot (10\bar{1}1) \cdot (01\bar{1}1) \cdot (11\bar{2}1) \cdot (51\bar{6}1)$.

Die dichte Form des Quarzes, *Chalcedon*, wurde in nicht unbedeutender Menge in allen Sandproben neben Quarz gefunden. Meistens sehr unrein mit weißer, grauer, gelber, rötlicher, bräunlicher oder grünlicher Färbung.

Der prozentuale Anteil des Quarzes an den einzelnen Sandproben längs des Flußlaufes ist aus Fig. 8 ersichtlich.

Rutil ist in Form kleiner, nach der c-Achse gestreckter, dunkelrotbrauner Kriställchen vorhanden. Kanten meistens stark gerundet. An weniger gerundeten Individuen tetragonale und ditetragonale Prismen und tetragonale Bipyramiden erkennbar (z. B. in Nr. 29). Die Prismenzone zuweilen stark gestreift (z. B. in Nr. 23). Zwillingslamellen mehrmals beobachtet. In Nr. 24 fand sich sogar ein schöner Kniezwilling. Größere Rutilen meistens Bruchstücke mit dunklerer Färbung und stärkerem Pleochroismus. Sagenit im Biotit nicht selten.

Allgemein ist der Rutil nur in kleinen Mengen vorhanden. In den obersten Proben relativ häufig, wird er flußabwärts immer seltener und kann von Nr. 8 bis 15 — mit Ausnahme von Nr. 10 und 11, wo er selten ist — nicht mehr gefunden werden. In Nr. 15 bildet er kleinste Kriställchen auf einem Hämatitblättchen. In Nr. 16 wird er plötzlich wieder häufiger, zeigt aber schon in Nr. 17 und 18 eine deutliche Abnahme. In Nr. 19 erfolgt wieder eine starke Zunahme. Nr. 23 und 24 zeigen ein weiteres Anwachsen. Von hier an bleibt die Rutilmenge relativ konstant bis zu Nr. 35, wo sich eine merkliche Abnahme bemerk-

bar macht. Nr. 39 verzeigt eine nochmalige Zunahme. Von Nr. 23 an tritt zur helleren Varietät auch die dunklere hinzu und herrscht weiterhin sogar vor.

Smaragdit. So werden hier alle jene grünlichweißen, durchscheinenden Körner der schweren Fraktion genannt, die aus feinfaserigen Aggregaten bestehen und große Ähnlichkeit haben mit Omphacitkörnern aus Eklogiten des Rhoneerratikums. Obwohl die Smaragditkörner Umwandlungsprodukte darstellen und daher nicht als «homogen» bezeichnet werden können, so schien es doch erforderlich, den Namen aufzuführen, da die «Smaragditgabbros» von Bulle ab ein häufiges Gestein im Saanegeschiebe sind. In Probe Nr. 24 zum erstenmal beobachtet, werden diese Körner in der schweren Fraktion der folgenden Proben immer zahlreicher, um dann gegen die Saanemündung hin etwas seltener zu sein.

Spinell erscheint als sehr seltenes Mineral im Oberlauf des Flusses und bildet unregelmäßige hellgrüne Bruchstücke, bei denen auch die Spaltbarkeit nach (111) einmal deutlich erkannt wurde. Als synthetisches Produkt findet sich Spinell unterhalb der elektrochemischen Werke von Montbovon. Scharf begrenzte, gut ausgebildete Oktaederchen. Oft sind mehrere miteinander zu einer Gruppe verwachsen. Die Farbe wechselt von farblos bis schwach rosa und dunkelrot. An diesen synthetischen Spinellen läßt sich die zertrümmernde Wirkung des Transportes trefflich studieren. In den Proben 15 und 16 erscheinen die Kristalle vollkommen ebenflächig begrenzt. Aber schon von Nr. 18 ab läßt sich nach und nach eine immer größer werdende Zahl zerbrochener Kristalle feststellen. Gleichzeitig nimmt auch die Gesamtmenge ab, so daß unterhalb 34 überhaupt kein Spinell mehr gefunden wird.

Staurolith findet sich nur in Form unregelmäßig begrenzter Bruchstücke. Eine unvollkommene Spaltbarkeit nach (010) bewirkt oft eine gewisse Tafeligkeit. Keine ebenen Bruchflächen. Farbe gelb bis rötlichbraun. Es sind auch dunkle Einschlüsse beobachtet worden. Von Nr. 29 ab, wo Staurolith erstmals auftritt, bildet er einen ansehnlichen Prozentsatz der schweren Fraktion.

Titanit. Nur ein einziges Korn beobachtet. Unregelmäßig begrenzt, bräunlichgelb, charakterisiert durch die bekannte große Dispersion der optischen Achsen.

Turmalin, fast dem ganzen Flußlauf entlang zu finden, tritt in zwei Varietäten auf. Die eine Varietät ist $\pm$ langsäulig. Das

trigonale und hexagonale Prisma sind gut ausgebildet. Sie verursachen den so charakteristischen Querschnitt. Die Enden sind fast immer abgebrochen. Trigonale Pyramiden nur ausnahmsweise feststellbar. Die Farbe ist hell- bis dunkelbraungrün. Zonarstruktur selten. Zuweilen dunkle Einschlüsse, die körnig oder stäbchenartig sein können. Die zweite Varietät ist dunkelbraun bis fast schwarz. Der grüne Farbton tritt stark zurück. Die Körner sind durchwegs Bruchstücke größerer Kristalle. Einzelne Prismenflächen können wohl noch beobachtet werden, die Prismenzone ist aber nicht mehr ringsum ausgebildet. Im Vergleich zur andern Varietät sind die Körner nach der c-Achse stark verkürzt. Im Instrument liegen sie daher gewöhnlich auf einer zur Basis $\pm$ parallelen Bruchfläche.

Der Turmalin wurde erst in Nr. 4 gefunden, und zwar in der langsäuligen, grünen Varietät. Flußabwärts nimmt er an Menge langsam ab, bis er von Nr. 11 an nur noch ganz selten oder überhaupt nicht mehr gefunden wird. In Nr. 15, mehr aber noch in Nr. 16, kann ein Anwachsen verzeichnet werden. Ebenso in Nr. 19, 20 und 21. Mit Nr. 23, besonders aber mit Nr. 24, wo die Mengenzunahme immer noch anhält, erscheint die braune Varietät. Sie verdrängt die grüne mehr und mehr, von Nr. 33 an sogar vollständig. Weiterhin langsame Abnahme der Turmalinmenge. In Nr. 37 und stärker noch in Nr. 39 und 40 erneute Zunahme. Mit Nr. 39 erscheinen wieder beide Varietäten nebeneinander.

Zirkon, in den Saanesanden weit verbreitet, ist an der stets vollkommenen kristallographischen Begrenzung leicht zu erkennen. Die Kriställchen sind langprismatisch. Meistens beide Enden erhalten. Beobachtete Formen: (100), (110), (101), (111), (311). Im allgemeinen herrschen (100) und (111) vor. Kanten etwas abgerundet, doch weniger als bei Rutil. Oft farblos, aber auch rosa und gelblich. Das Auftreten des Zirkons ist ganz ähnlich dem des Rutils. Erstmals wurde er in Nr. 2 beobachtet; von hier an langsames Abnehmen seiner Menge bis zu Nr. 16, wo wieder Zunahme erfolgt. Noch stärkere Zunahme bei Nr. 23 und 24. In den folgenden Proben langsames Abnehmen. Von Nr. 30 an selten, tritt der Zirkon mit Nr. 39 plötzlich wieder in größerer Menge auf.

V. Konstitution der Saanesande in Abhängigkeit von Gefälle und Wasserführung des Flusses sowie von der petrographischen Beschaffenheit seines Einzugsgebietes.

Es soll im folgenden versucht werden, die Ergebnisse der mechanischen und mineralogischen Analyse der Saanesande mit der Topographie des Flußlaufes, mit der Wasserführung der Saane und mit der Petrographie ihres Einzugsgebietes in Beziehung zu bringen. Zu diesem Zwecke ist für mehrere Proben eine etwas einläßlichere Beschreibung des Flußbettes an der Entnahmestelle wichtig.

Wie schon Seite 24 und 25 gesagt, wurden bei der Probenentnahme homogen aussehende Sandbänke und Sandanschwemmungen bevorzugt, die bei mittlerem Wasserstand von der Strömung überflutet werden. Für die Proben 3, 4, 5, 6, 7, 17, 28, 29, 37, 39, 40, 41, 42 standen keine derartigen Sandbänke zur Verfügung. Diese Proben verlangen daher eine besondere Besprechung.

Die Faktoren, die auf die mechanische Zusammensetzung der Sande einwirken, sind in einem Fluß sehr mannigfaltig: Gefälle und Wasserführung, Erosionskraft, Geologie und Petrographie des Gebietes, Grad der Zertrümmerungsmöglichkeit des Kornmaterials, Einwirkung der Nebenflüsse usw. Von diesen Faktoren wurden nur wenige systematisch kontrolliert, andere waren praktisch nur teilweise, wieder andere überhaupt nicht kontrollierbar.

Aus der Petrographie des Einzugsgebietes der Saane ist verständlich, daß weitaus der größte Teil des homogenen Materials (ganze oder zerbrochene Einzelkriställchen!) aus Calcit, Quarz und Feldspat besteht. Um festzustellen, wie die verschiedenen geologischen und petrographischen Zonen, welche die Saane der Reihe nach durchfließt, die Sandzusammensetzung beeinflussen, wurde der diesen Mineralien zukommende Anteil durch Auszählen bestimmt. Gleichzeitig wurde auch die Gesamtheit aller übrigen Mineralien ermittelt und untersucht, in welchem Verhältnis das homogene Material zum nicht-homogenen stehe. Diese Auszählung wurde auf die Körnerklasse FS der einzelnen Sandproben beschränkt. Es wurde je eine kleine Menge des

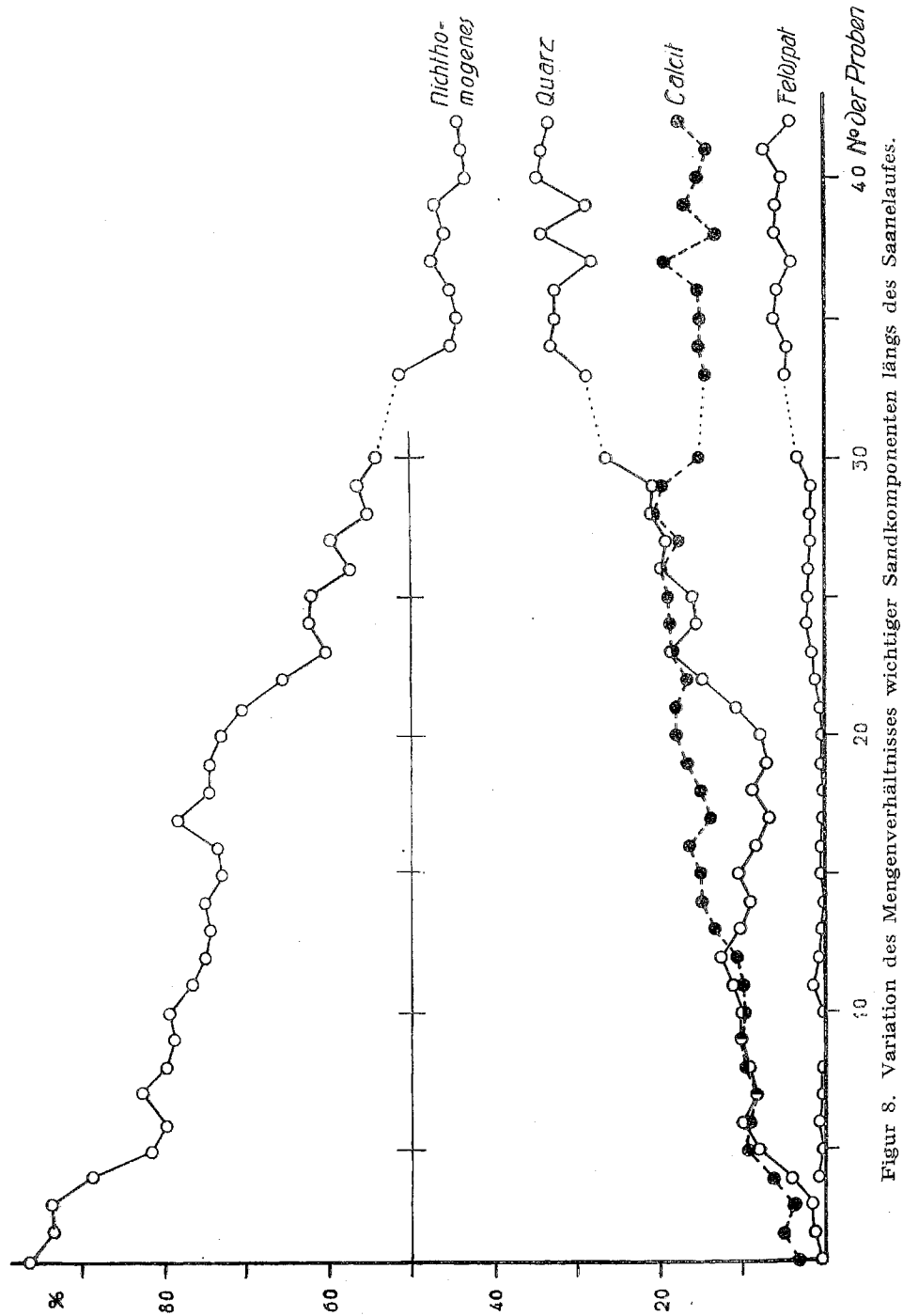


Tabelle XI. Variation des Mineralbestandes der Körnerklasse FS längs des Saanelaufes

Nr. der Probe	Nicht homogenes Material	Quarz	Calcit	Feldspat	Sonstige Mineralien
1	96,4	0,4	3,2	—	—
2	93,5	1,3	5,2	—	—
3	93,8	1,6	3,9	—	0,7
4	88,7	4,1	6,3	0,7	0,2
5	81,8	8,1	9,4	0,2	0,5
6	80,0	10,0	9,2	0,6	0,2
7	82,9	8,3	8,3	0,2	0,3
8	80,0	9,2	9,6	0,2	1,0
9	79,2	10,3	10,1	—	0,4
10	79,8	10,1	9,7	0,2	0,2
11	76,9	11,2	10,0	1,5	0,4
12	75,4	12,6	10,8	0,8	0,4
13	74,8	10,3	13,4	0,4	1,1
14	75,4	9,0	14,9	0,1	0,6
15	73,4	10,5	15,0	0,4	0,7
16	73,7	8,4	16,4	0,4	1,1
17	78,6	6,8	13,7	0,2	0,7
18	74,8	8,9	15,4	0,2	0,7
19	74,7	7,0	16,6	0,4	1,3
20	73,2	8,0	18,0	0,3	0,5
21	70,6	10,8	17,9	0,5	0,2
22	65,8	14,9	16,7	1,3	1,3
23	60,6	18,6	18,4	1,6	0,8
24	62,5	15,6	18,8	2,3	0,8
25	62,1	16,0	19,0	2,1	0,8
26	57,5	19,8	19,8	2,1	1,0
27	60,0	19,3	17,6	1,8	1,3
28	55,5	21,1	20,6	1,9	0,9
29	56,4	21,8	19,6	1,7	1,5
30	54,2	26,5	15,2	3,3	0,8
33	51,2	28,8	14,4	4,9	0,7
34	45,0	33,2	15,3	4,7	1,8
35	44,4	32,6	15,1	6,2	1,7
36	45,3	32,4	15,2	5,7	1,4
37	47,5	28,0	19,4	4,0	1,1
38	45,8	34,1	13,1	6,0	1,0
39	47,0	28,8	16,9	5,9	1,4
40	43,3	34,6	15,2	5,1	1,8
41	43,7	34,0	14,2	7,3	0,8
42	44,2	33,1	17,5	4,0	1,2

Sandes auf einem Objektträger ausgebreitet und mit einer geeigneten Flüssigkeit (Nelkenöl) benetzt. An jedem Präparat wurden unter dem Mikroskop (mit Kreuzschlitten) 400 bis 600 Körner bestimmt und gezählt. Die in Prozente umgerechneten Resultate sind in Tabelle XI zusammengestellt und überdies in Fig. 8 durch Kurven veranschaulicht. Die Kurve, welche der Gesamtmenge der «sonstigen Mineralien» entspricht, wurde im Interesse einer bessern Übersichtlichkeit weggelassen.

Tabelle XI und Fig. 8 lassen sofort den hohen Prozentsatz des nicht-homogenen Materials erkennen. Dieses besteht in der Hauptsache aus schwarzen, schiefrigen Körnern (besonders im Oberlauf häufig), die im Mikroskop fast opak erscheinen, ferner aus Bruchstücken von Kalkstein, Hornstein usw., vor allem aber aus Zersetzungsprodukten anderer Mineralien (z. B. Feldspat; namentlich im Unterlauf häufig). Im Sinne der Fließrichtung des Wassers gerechnet, hat die Kurve des nicht-homogenen Materials im allgemeinen fallende Tendenz. An drei Stellen erfolgt ein deutlich verstärkter Abfall, nämlich 1./ beim Eintritt der Saane in die Niesenzone (nach Probe 3), 2./ beim Übergang der Saane vom romanischen Deckensystem in das Rhoneerratum und die Molasse (nach Nr. 19/20) und endlich 3./ nach dem Austritt der Saane aus dem Pérolles-Stausee (Nr. 33). Im ganzen zeigt aber die Kurve viele Oszillationen. Sie sind leicht verständlich, da die Resultate der Auszählung von Zufälligkeiten abhängig sind, derart, daß sich bei einer zweiten Auszählung oft merkliche Differenzen ergeben. Trotzdem dürften diese Oszillationen mit gewissen Umständen der Sandbildung zusammenhängen (z. B. Zufuhr aus Nebenflüssen, Hochwasserablagerungen usw.). Die Nebenflüsse haben im allgemeinen ein großes Gefälle. Dadurch wird das feinere Material rasch der Saane zugeführt. Da dieses öfters aus petrographischen Zonen stammt, die von der Saane schon weiter oben durchflossen wurden, muß das neu zugeführte Feinmaterial ein Ansteigen der nicht-homogenen Komponenten veranlassen. In ähnlichem Sinne wirken auch die Hochwasser. Durch sie werden die Sande rasch flußabwärts verfrachtet und zeigen also, wenn sie zur Ablagerung gelangen, eine Zusammensetzung, wie sie bei mittlerem Wasserstand nur weiter flußaufwärts möglich ist.

Was hier über die Kurve des nicht-homogenen Materials gesagt ist, gilt mehr oder weniger auch für die Oszillationen der andern Kurven. Es wird darauf zurückzukommen sein.

1. Sande Nr. 1 und 2.

Die Sande Nr. 1 und 2 bestehen aus lauter dünnstriefrigen, dunkelblaugrauen bis dunkelbräunlichgrauen Blättchen. Körner kugeligere Gestalt sind selten. Nr. 1 wurde auf dem Hochplateau des Sanetsch gesammelt, kurz vor dem Eintritt der Saane in die Schlucht und unweit von den auf Seite 10 genannten Schlammkegeln der mächtigen Mergelschichten. Der Fluß ist hier in viele Arme geteilt, die eigentliche Sandbänke solchen Mergelmateriale umschließen. Sand 2 wurde auf einem kleinen Anschwemmungsboden im untersten Teil der Stromschnellen oberhalb Gsteig gesammelt. Die mechanischen Konstitutionen beider Sande (in Fig. 4 einen Übergangstypus von NT zu CFS bildend) weichen nur wenig voneinander ab. Nr. 1 ist wegen der kurzen Transportstrecke und wegen des leichten Zerfalls (nicht nur durch die Kraft des fließenden Wassers, sondern schon durch das bloße Austrocknen und den starken Temperaturwechsel dieser Höhenlage erfolgend) des bröckeligen, leicht aufblätterbaren Materials nur wenig sortiert. Probe 2 zeigt, entsprechend dem größeren Gefälle innerhalb der Stromschnellen, einen höheren a-Wert. Der höhere g-Wert weist auf eine bessere Sortierung des Sandes hin. Diese beiden Sande der helvetischen Schubdecken sind verhältnismäßig arm an Einzelmineralien. Das kann nicht verwundern, da 95% der Körnerklasse FS aus nicht-homogenem Material bestehen und eine Konzentration der seltenen Mineralien wegen der kurzen Transportstrecke nicht möglich war. Natürlich soll nicht gesagt sein, daß diese überhaupt nicht zu finden wären. Dazu müßten aber Konzentrate größerer Sandmengen untersucht werden.

2. Sande Nr. 3 bis 6.

Die im eingedämmten Flußstück zwischen Gsteig und Gstaad gesammelten Proben Nr. 3, 4, 5, 6 stimmen weitgehend untereinander überein und zeichnen sich durch einen hohen Prozentsatz der gröbsten und zum Teil auch der allerfeinsten Körnerklassen aus (CFS-Typus). Durchgehend zeigt sich noch ausgesprochene Striefrigkeit des Materials, wiewohl gerundete Körner bereits etwas häufiger werden. Daher jener hohe Anteil des Nicht-homogenen. Von Nr. 4 ab geht die Farbe, infolge Zunahme der blauschwarzen Stieferblättchen, in ein deutliches Dunkelblaugrau über. Äußeres Aussehen und mechanische Kon-

stitution sind ähnlich wie beim Sand IV aus dem Lauibach (dieser Sand, dem Wildbachbett innerhalb der Gefällserhöhung beim Eintritt in das Saanetal entnommen, muß zum CFS-Typus gestellt werden). Der Einfluß der schieferhaltigen Niesenzone steht außer Zweifel. Dabei wird die merkwürdige mechanische Konstitution der Sande 3, 4, 5, 6 aus den lokalen Verhältnissen begreiflich. Einerseits bedingen die Verbauungen des Saanebettes, das hier ein nicht unbeträchtliches Gefälle hat, bei Mittel- und Hochwasserstand, wie schon Seite 25 erwähnt, eine verhältnismäßig große Fließgeschwindigkeit und Transportkraft des Wassers. Alles feinere Material wird fortgerissen. Ansehnlichere Sandanschwemmungen oder gar Inseln können nicht mehr gebildet werden. Der Sand kann sich höchstens noch am Ufer zwischen grobem Gerölle ansetzen. Ausschließlich solches Material kam denn auch zur Untersuchung. Andererseits führen die kleineren und größeren Wildbäche (s. Siegfriedatlas, Bl. 472) links und rechts des ganzen Flußlaufes stetsfort unsortiertes Material hinzu. Im einzelnen herrschen mannigfaltige Unterschiede. Die Sandprobe, die dem Reuschbach entnommen wurde, weist eine mechanische Konstitution auf, die, Nr. 29 sich weitgehend nähernd, dem Normaltypus zugehört. Ganz anders beim Tschertzisbach, dessen Sand (s. Tab. VII) sowohl von viel grobem als auch von viel feinem Material zusammengesetzt wird. Hier kann überhaupt nicht mehr von Sortierung gesprochen werden. Beim Fallbach war es sehr schwer, unter den vielen, ganz verschiedenkörnigen Sandanschwemmungen eine zur Probeentnahme auszuwählen. Die schließliche Entscheidung fiel auf einen mittelfein aussehenden Sand, dessen mechanische Analyse für die feinen Körnerklassen Zahlen ergab, wie sie bei den Saanesanden nicht gefunden wurden.

Die mineralogische Analyse der Proben 3—6 läßt die Änderung des petrographischen Charakters des durchflossenen Gebietes deutlich erkennen. Die Sattelzone ist zu schmal, um in der Probe Nr. 3, die einzig dieser Zone angehört und oberhalb der Mündung des Reuschbaches (durch den besonders viel Material aus der Sattelzone der Saane zugeführt wird) ganz zur Geltung zu kommen. Wahrscheinlich ist das Auftreten von Anhydrit in Probe 3 und von Gips (der aber erst in Nr. 4 bestimmt wurde) durch sie bedingt. Während in Fig. 8 die Quarzkurve für Nr. 3 ungefähr auf gleicher Höhe bleibt wie für Nr. 2, steigt sie mit dem Eintritt der Saane in die Niesenzone (Sand-

steine) bei Nr. 4 und 5 konstant an und überholt bei Nr. 6 schwach die Calcitkurve. In der schweren FS-Fraktion der Nr. 4 tritt dünntafeliger Apatit plötzlich in großer Menge auf. Ebenso wird Chlorit derart reichlich, daß er die Hauptmasse der schweren magnetischen Fraktion bildet. Auch flachrhomboidrischer Dolomit ist reichlich vertreten. Alle diese Mineralien nehmen in den folgenden Proben an Menge zu. Es darf daher angenommen werden, daß sie durch die Niesenzone bedingt sind. Der Aragonit, der in Probe 6 zum erstenmal bestimmt wurde, könnte durch den Fallbach mit dem Gebiet der romanischen Decken in Beziehung gebracht werden.

3. Sande Nr. 7 bis Nr. 14.

Unterhalb der Gefällsvergrößerung bei Gstaad hat die Saane eine kleine Nische in das verbaute Ufer gefressen und nachträglich bis hoch über das Tiefwasserstandsniveau mit Sand gefüllt. Dieser Nische entstammt die Probe Nr. 7. Ihre mechanische Konstitution zeigt einen ziemlich gut sortierten Sand des MFS-Typus. Der a-Wert ist trotz der Gefällsvergrößerung und trotz des eingedämmten Flußlaufes niedrig, der g-Wert hoch. In diesen Eigenschaften unterscheidet sich dieser Sand von den Sanden der Probe Nr. 6 und jener aus dem Lauibach. Der Mineralbestand ist hingegen von jenem der oberen Proben nicht sehr verschieden. Doch springt in Fig. 8 die Kurve des Nichthomogenen bei Nr. 7 merklich in die Höhe und die Quarzmenge geht im Vergleich zur Calcitmenge zurück; d. h. es ist bei Nr. 7 eine Sandzusammensetzung vorhanden, wie sie weiter flüßaufwärts gefunden wird.

Bei den Proben 8 und 9 ist wiederum ein schwacher, bei Nr. 10, 11 und 12 ein stärkerer Anstieg der Quarzkurve gegenüber der Calcitkurve zu verzeichnen. Die Saane tritt zwar schon ob Gstaad in die kalksteinreiche Zone der romanischen Decken. Es ist aber zu beachten, daß sie von Gstaad bis zur Mündung der Tourneresse durch breite, an Mergeln, Sandsteinen und Konglomeraten reiche Flyschzonen fließt. Ferner mögen sich auch Einflüsse der Nebengewässer bemerkbar machen, so des der Saane fast ebenbürtigen Lauibachs und der Tourneresse, die u. a. auch Material der Niesenzone (Sandsteine!) heranbringen. Drei kleinere Nebenflüsse (Grischbach, Rio de Flendruz und Gérine) verfrachten hauptsächlich Material der Flyschmulden.

Während bei Nr. 9 das Häufigerwerden von Aragonit und Magnetit durch den Grischbach bewirkt sein kann, darf bei Probe 12 die Mengenzunahme von dünntafeligem Apatit, von Chlorit und Muskowit, auf Einflüsse der Tourneresse zurückgeführt werden. Dagegen ist das Ausharren des flachrhomboedrischen Dolomits bis zur Probe 12 nicht einsinnig zu deuten.

Der Vergleich der mechanischen Konstitution der Sande 8 und 9 läßt die zwischen den beiden Entnahmestellen vorhandene Gefällserhöhung erkennen: gegenüber 8 zeigt 9 einen höheren α -Wert, verbunden mit einer Verschiebung des Sandes aus dem FS-Typus in den Normaltypus. Zu dieser Konstitutionsänderung kann gleichzeitig auch das aus dem Grischbach stammende Material mitgewirkt haben. Die diesem Wildbach entnommene Probe setzt sich tatsächlich ähnlich zusammen wie jene aus dem Lauibach und zeigt ebenfalls den CFS-Typus.

Die Proben 10, 11, 12, 13, 14 wurden im Quertal gesammelt, das die Saane durch die Antiklinalen und Synklinalen der Klippendecke gegraben hat. 10, 12, 14 stammen von Flußstellen eingangs oder innerhalb schluchtartiger Durchbrüche, wo der natürlichen Flußbettverengung ein größeres Gefälle entspricht. Hieraus erklärt sich das Zurücktretreten der feinen und feinsten Körnerklassen, die Zugehörigkeit der Proben zu den Typen VCS bzw. CS und die z. T. hohen α -Werte. Umgekehrt macht sich bei den Sanden 11 und 13, die unterhalb dieser schluchtartigen Flußstrecken in merklichen Erweiterungen des Saanebettes gesammelt wurden, die Abnahme des Gefälles, der Geschwindigkeit und der Transportkraft des Wassers in den Analysenwerten und in den graphischen Darstellungen dadurch bemerkbar, daß jetzt die groben Körnerklassen zurücktreten, die mittleren und feinen aber an Bedeutung gewinnen, unter Ausbildung des Typus CFS. Gegenüber den vorangehenden Proben 10 bzw. 12 findet ein Sinken der α - und ein Steigen der g -Werte statt.

Entsprechend der Materialzufuhr aus den Nebenflüssen nehmen von Nr. 9 an die dunklen Schieferblättchen langsam ab, die gerundeten Teilchen dagegen zu, bis diese von Nr. 12 an sogar die Mehrheit bilden. Demgemäß hellt die bisher noch allgemein dunkle Farbe der Sandproben flußabwärts langsam auf. Sandprobe VI aus dem Rio de Flendruz zeigt eine mechanische Konstitution, die jener der Probe 10 stark ähnelt und gleich ihr zum VCS-Typus zu stellen ist. Geringere Ähnlichkeit herrscht zwischen Probe 11 und Probe VII aus der Gérine, obwohl beide

zum CFS-Typus gehören. Ganz unähnlich sehen sich Probe 12 und VIII (Tourneresse; gut sortierter Sand des MFS-Typus).

Das Verlassen der Flyschzonen und der Eintritt der Saane in die kalksteinreicheren Gebiete machen sich in Fig. 8 deutlich bemerkbar. Die Calcitkurve zeigt bei Nr. 13 steigende, die Quarzkurve sinkende Tendenz; dünntafeliger Apatit, Chlorit, flachrhomboedrischer Dolomit, Feldspat, Pyrit, Turmalin und Zirkon werden spärlicher.

4. Sande Nr. 15 bis Nr. 22.

Der Sand Nr. 15 wurde kurz unterhalb der Hongrinmündung, unmittelbar vor einer engen Schlucht der Saane, auf einer günstigen Anschwemmung zusammengeschaufelt. Er ist heller als Nr. 14 und enthält auch weniger Schiefermaterial. Daher das Sinken der Kurve des Nichtthomogenen in Fig. 8. Wie Nr. 14 gehört die Probe zum CS-Typus; die groben Körnerklassen treten aber stärker hervor, α ist größer, g kleiner. Dieses Verhalten kann durch die Gefällserhöhung kurz vor dem Schluchteingang bedingt sein; möglich ist aber auch eine Beeinflussung durch den Hongrin, der mit seinem großen Einzugsgebiet ein wichtigerer Zufluß der Saane ist als z. B. die Tourneresse usw. Jedenfalls zeigt sich in der mechanischen Konstitution der beiden Sande 15 und IX weitgehende Übereinstimmung und entsprechend dem Umstand, daß ein großer Teil des Hongringebietes vom Niesenflysch und vom Flysch der romanischen Decken gebildet wird, verrät die minerologische Konstitution der Proben 15 und 16 eine Mengenzunahme an Quarz, Aktinolith, Anhydrit, dünntafeligem Apatit, Chlorit, flachrhomboedrischem Dolomit, Feldspat, Pyrit, Rutil, Turmalin und Zirkon — Mineralien, die z. T. in den vorangehenden Proben nicht mehr gefunden wurden und weiterhin wieder spärlicher werden.

Der Saanelauf im Längstal der Greyerzermulde und im Quertal durch die letzten Antiklinalen der Klippendecke sowie die hier schmale Externzone kennzeichnet sich durch ein stets zunehmendes Überwiegen der Calcitmenge über die Quarzmenge, so daß der Calcitanteil mehr als doppelt so groß wird wie der Quarzanteil. Für die Gesamtheit der an Kalksteinen reichen Zone der romanischen Decken (Nr. 7 bis 19) berechnet sich ein durchschnittlicher Calcit- und Quarzanteil von 12,6 % bzw. 9,4 %.

Nach Tabelle IV nimmt auf den Flußstrecken 15/16, 17/18, 18/19 das Gefälle konstant eine Kleinigkeit ab. Dies spiegelt sich in den Analysenwerten der Tabelle VI der Proben 16, 18 und 19 (Nr. 17 wird gesondert zu besprechen sein) deutlich wider. Das Maximum in der Körnerklasse FS prägt sich mehr und mehr aus. Der Sand ändert sich vom Normaltypus durch den MFS- zum FS-Typus. Ein ähnliches gegenseitiges Verhältnis zeigen auch die Proben Nr. 20 (CFS-Typus), Nr. 21 (MFS-Typus) und Nr. 22 (FS-Typus), bei denen überdies, wie bei den drei erstgenannten Proben, ein kontinuierliches Sinken der a-Werte und ein ebensolches Ansteigen der g-Werte beobachtet wird. Bei Nr. 22 erreicht g den absolut höchsten Wert.

Nr. 17 entstammt einer Sandanschwemmung, die sich wohl ein Meter über dem Tiefwasserspiegel auf einer langen, mächtigen Kiesbank findet; sie ist also bei größerem Hochwasser entstanden und zeichnet sich gegenüber den benachbarten Sandproben durch erhöhten a-Wert und eine starke Zunahme des nicht-homogenen Materials aus.

Zwischen 19 und 20 münden die Trême und der Jaunbach. Während die Sandprobe aus ersterer eine ähnliche Konstitution wie Nr. 18 zeigt und mit ihr zum MFS-Typus zu zählen ist, zeigt die Probe aus dem Jaunbach den extremen VCS-Typus. Die Verschiebung in den CFS-Typus der Probe 20 gegenüber dem FS-Typus von Probe 19, ist jedoch kaum aus den heutigen Verhältnissen des Jaunbaches (vgl. S. 19f.) zu erklären, sondern vielmehr aus dem starken Gefälle des Saanelaufes am Orte dieser Probeentnahme. Die Sionge (Probe XII; MFS-Typus), die oberhalb der Entnahmestelle von Nr. 22 einmündet, ist zu klein, um den Saanesand merklich zu beeinflussen.

Sobald die Saane in das Gebiet des Rhoneerratikums und der Molasse eingetreten ist (unterhalb Probe 19), ändert sich das Bild der mineralogischen Konstitution ihrer Sande. Die Kurve des Nichthomogenen in Fig. 8 zeigt einen deutlich verstärkten Abfall. Die Quarzkurve, die vorher noch fallende Tendenz hatte, schnellst stark in die Höhe und nähert sich bei Nr. 22 bis auf wenig der Calcitkurve. Der Apatit nimmt an Menge zu und ändert seine Ausbildung. Auch Aragonit wird in neuer Gestalt gefunden; Rutil und grüner Turmalin verzeichnen Zunahme. Granat und Hornblende werden zu konstanten Mineralien. Disthen, Epidot und Glaukophan treten neu hinzu. Der Feldspat zeigt ein häufigeres und regelmäßigeres Vorkommen.

5. Sande Nr. 23 bis Nr. 33.

Oberhalb der Stelle, der die Probe 23 entnommen wurde, befindet sich das Stauwehr von Thusy. Bei niedrigem Wasserstand fließt fast alles Wasser durch einen Stollen zu dem mehrere Kilometer entfernten Elektrizitätswerk Hauterive. Gleich unterhalb Thusy strömt daher nur bei höherem Wasserstand oder beim Öffnen der Schleusen soviel Wasser im Saanebett, daß Sand transportiert werden kann. Weiterhin füllen Quellen und Bäche das Bett wieder etwas, so daß die Saane bis zu ihrer Vereinigung mit dem Abwasser des Elektrizitätswerkes Hauterive ziemlich erstarrt ist. Von den innerhalb dieses Flußstückes gesammelten Sanden gehören 23 und 24 zum CFS-Typus (Nr. 24 nähert sich gegenüber 23 schon mehr dem Normaltypus, was wohl mit der schwachen Gefällsabnahme und dem verminderten Einfluß der Stauung in Zusammenhang gebracht werden kann); Nr. 25 aber, und in noch ausgesprochenerem Maße Nr. 26, ordnen sich dem FS-Typus ein. Die a-Werte zeigen eine regelmäßige Abnahme. Für Sand 27, der dem Normaltypus angehört, schnellst a wieder etwas empor; die stärkere Strömung, die bei dieser Flußstelle herrscht, dürfte hierfür verantwortlich sein. Ähnlich sind auch die Werte der Probe 30 zu erklären. Der Sand Nr. 28, einer Anschwemmung am untern Ende einer langen, flußaufwärts sich stark verbreiternden Kiesablagerung entstammend, muß den Verhältnissen entsprechend (die eigentliche Flußrinne liegt hart am entgegengesetzten Ufer) als Hochwasserbildung angesehen werden. Der stärkere Anstieg der Calcitkurve beweist eine Angleichung an Verhältnisse, wie sie weiter flußaufwärts vorhanden sind. Probe 29 ist ebenfalls eine Hochwasserbildung; darum (vgl. Probe Nr. 17) der erhöhte a-Wert, vielleicht auch das schwache Maximum der Kurve des Nichthomogenen und der gegenüber Nr. 27 und 30 hohe Calcitanteil (Fig. 8).

Wenn die Sande oberhalb Thusy, infolge Abnahme des schiefrigen Materials, langsam heller werden, so gilt dies für die Proben unterhalb von Thusy in noch verstärktem Maße. Die Farbe verwandelt sich allmählich in ein Weiß- bis Gelblich-grau; von Freiburg ab werden die Schieferblättchen geradezu selten.

Wenig unterhalb der Stelle, wo Probe 30 entnommen wurde, macht sich die Stauung des Pérolles-Sees bemerkbar. In diesem künstlichen Staubecken gelangt fast alles transportierte Material

zur Ablagerung¹. Nur feine und feinste Partikelchen (Schlamm) können bei gewöhnlicher Wasserführung bis zur Staumauer gelangen und den See verlassen. Da unterhalb des Sees bei Hochwasser alles feinere Material fortgeschwemmt und bei gewöhnlichem Wasserstand nichts zugeführt wird, sind auf einer Strecke von fast 1 km keine Feinkiesablagerungen zu finden. Von der ersten Sandbank, der man wieder begegnet (ihre Lage wird übrigens durch jedes Hochwasser ziemlich verändert), stammt Probe 33. Die Analysenwerte zeigen naturgemäß stärkeres Hervortreten der gröberen Körnerklassen, bei starkem, ja vollständigem Zurücktreten der feinen bzw. feinsten Korngrößen. Dadurch wird der CS-Typus und der hohe a-Wert dieser Probe verständlich.

Für die Proben 23 bis 33 verschärfen sich die für die Proben 19 bis 22 angegebenen Veränderungen der mineralogischen Konstitution. Bei Nr. 23, beim Eintritt der Saane in die Molasseschlucht unterhalb der Stauung von Thusy, erreicht die Quarzkurve die Calcitkurve und überholt sie definitiv bei Nr. 26, von wo an letztere sogar ein schwaches Fallen zeigt. Für jenen Teil der vom Rhoneerratikum modifizierten Molasselandchaft, in der die Petrographie der romanischen Deckenzone noch nachwirkt (Nr. 20—29) gelten für Quarz und Calcit die prozentualen Mittelwerte 16,5 bzw. 18,6. Die Kurve der Feldspäte, die sich von Nr. 22 ab merklich von der Abszissenachse entfernt, schnell bei den Proben 30 und 33 in die Höhe und sinkt flußabwärts nicht mehr unter 4%. Dieses Ansteigen der Kurve geht einer starken Zunahme des Quarzes parallel. Die Beziehung der Feldspatmenge zur Molasse bzw. zum Rhoneerratikum ist gegeben, aber der geänderte geologisch-petrographische Charakter des Einzugsgebietes kommt wie bei Quarz und Calcit nicht von Anfang an zur Geltung. Der Grund liegt darin, daß wegen des Stauwehrs von Thusy bei niedrigem und mittlerem Wasserstand der Saane die Hauptmenge des Wassers durch einen Kanal nach Hauterive abgeleitet wird. Beträchtlicher Materialtransport kann also nur bei Hochwasser erfolgen. Dieses Hochwasser-material stammt aber naturgemäß aus dem oberhalb der Staumauer gelegenen Gebiet und läßt den Molasseanteil nur lang-

sam sichtbar werden. Erst unterhalb Hauterive, wo während des ganzen Jahres die gesamte Wassermenge wirksam ist, ändert sich der Sachverhalt. Daß dies bei Probe 29 noch nicht der Fall ist, rührt wohl davon her, daß diese Probe offenbar einer Hochwasserablagerung entnommen wurde und zudem durch die aus der Externzone kommende Aergere modifiziert sein mag. Diese ist durch ihre gefährlichen Hochwasser und den großen Materialtransport gekennzeichnet. Die ihr entnommene Sandprobe zeigt den MFS-Typus. Die andern Nebenflüsse (Glâne, Galternbach) sind Fließchen der eigentlichen Molasselandchaft. Ihre Sande haben untereinander ähnliche mechanische Konstitution und müssen zum FS-Typus gestellt werden. Was sie führen und was die Saane durch eigene Erosion usw. aufnehmen kann, ergibt die Auszählung der Körnerklasse FS einer Probe, die der Verwitterungsrinde eines Molassefelsens nahe bei der Staumauer des Pérolles-Staubeckens entnommen wurde, nämlich:

Nichthomogenes	36,6 %
Quarz	47,9 %
Calcit	6,4 %
Feldspäte	7,7 %
Sonstige Mineralien	1,4 %

Eine solche Mineralführung muß natürlich die hohen Werte für Calcit und Nichthomogenes, wie sie für den Mittellauf der Saane typisch sind, stark herabdrücken, den niedrigen Quarz- und Feldspatanteil jedoch erhöhen. Demgemäß berechnen sich nach Tabelle XI für den Unterlauf (von Nr. 30 ab) die prozentualen Mittelwerte von Quarz und Calcit zu 31,5 bzw. 15,6.

Das Verhalten anderer Mineralien kann ebenfalls durch die Molasse bedingt sein. So treten beim Beginn der Molasseschlucht (Nr. 23, 24) grüner Biotit und brauner Turmalin als neue Mineralvarietäten auf. Rutil und Zirkon zeigen vermehrte Häufigkeit. Ferner kann das Überhandnehmen des Molassecharakters (durch das Rhoneerratikum modifiziert) in den Proben 29, 30 und 33 wohl auch darin erkannt werden, daß Staurolith als neues und von hier weg konstantes Mineral gefunden wird, Glaukophan regelmäßig vorhanden ist, Aktinolith und Disthen deutliche Zunahmen verzeichnen, dünntafeliger Apatit, Chlorit, flachrhomboedrischer Dolomit sowie grüner Turmalin spärlich werden (letztere zwei in 33 nicht mehr beobachtet).

¹ Um die Konstitution des in diesem See abgesetzten Materiales kennen zu lernen, wurden zwei Proben entnommen und zwar Nr. 31 in einer strömungsfreien Bucht, Nr. 32 am untersten Teil des Sees (bei der hohen Staumauer). Für beide Proben trifft es auf die feinste Fraktion über 50 %, auf die drei feinsten Körnerklassen zusammen über 95 %.

6. Sande Nr. 34 bis Nr. 42.

Das Gefälle von Freiburg bis Schifflingen ist im allgemeinen klein, kann aber örtlich plötzlich anwachsen, so daß der Fluß an solchen Stellen geradezu reißend wird. Solchen Stellen entstammen die Sande 35 und 38. Der Gefällsvergrößerung entspricht die Erhöhung des a -Wertes und das Vorrücken des Maximums von der Körnerklasse FS nach MS. Der verhältnismäßig noch hohe a -Wert von Nr. 34 weist vielleicht auf die gleichen Ursachen hin, die Nr. 33 erklären; flußabwärts klingen sie mehr und mehr aus. Ob Stelle Nr. 36 mündet die Sonnaz. Ihr Sand hat eine ähnliche mechanische Zusammensetzung wie Nr. 37 und gehört mit ihr zum MFS-Typus. Nr. 37 kommt von einer ca. 1 m mächtigen Ablagerung her, die sich auf der strömungsschwachen innern Seite eines Mäanderbogens in einer Uferbucht gebildet hat. Wohl mündet ein kleines Wasserlein, der Düdingerbach, in diese Bucht und durchschneidet die Sandablagerung, doch ist es sehr unwahrscheinlich, daß diese große Sandanschwemmung von ihm gebildet wurde. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist sie eine Hochwasserbildung der Saane. Bei der Flußstelle 28 (Hauterive) wurden bei hohem Wasserstand mehrmals Stillwasser oder Rückströmungen konstatiert. Ähnliches ist auch bei Nr. 37 denkbar. Es lagern sich also verhältnismäßig zu feine, gut sortierte Sande ab. Daher die niedrigen a - und hohen g -Werte der Proben 28 und 37, die zum FS- bzw. MFS-Typus gehören.

Der Unterlauf der Saane von Klein-Bösingen bis zur Einmündung in die Aare ist eingedämmt. Sandinseln sind nicht mehr zu finden, größere Kiesbänke sind selten und bestehen, wenn vorhanden, aus grobem Material. Nur außerhalb der überfluteten oder fortgerissenen Flußeindämmung (Nr. 39 und 41), sowie zwischen grobem Geschiebe am erhöhten Rande des Flußbettes, wo die Strömung auch bei Hochwasser gering ist (Nr. 40 und 42), kann Sand abgelagert werden. Alle diese vier Sande sind also Hochwasserbildungen. Bei den drei untersten Proben können auch Hochwasser der Sense, dieses mächtigsten Nebenflusses der Saane, mitgewirkt haben, namentlich bei starken, örtlich begrenzten Gewitterregen im Einzugsgebiet. Allerdings unterscheiden sich die Proben 39/42 stark von Probe XII aus der untern Sense (Nr. XII ist einer Flußstelle mit starkem örtlichen Gefälle entnommen und zeigt ausgeprägten CS-Typus).

Doch tritt für alle Proben 39/42 die Körnerklasse FS charakteristisch hervor. In Nr. 39 und 40 erreicht sie sogar die maximale Höhe unter allen Saanesanden. Nr. 42 stellt einen völlig singulären Sand dar.

Der Hochwassercharakter der Sande 37, 39/42 muß sich nach all dem bisher Gesagten auch in der mineralogischen Konstitution zeigen, und zwar durch Angleichung an flußaufwärts geltende Verhältnisse. In Fig. 8 muß daher für diese Proben die Calcitkurve steigen, die Quarzkurve sinken. Dies trifft für die Proben 37, 39, 42 wirklich zu. Wenn 40 und 41, die ebenfalls Hochwasserablagerungen sind, dies in der Calcit- und Quarzföhrung nicht verraten (auch nicht hinsichtlich des nicht-homogenen Anteils), so darf vielleicht eine Beeinflussung durch die Sense vermutet werden. In ihrem Einzugsgebiet haben wir Flysch und Molasse. Nur ein verschwindend kleiner Teil gehört zur Klippendecke. Das Gebiet ist daher besonders reich an Sandsteinen, also auch an Quarz. Sensehochwasser bewirkt im untersten Teile der Saane ebenfalls Hochwasser. Daraus wird begreiflich, daß die Sande 40 und 41 nicht restlos als Saanehochwasserbildungen deutbar sind.

Ähnlich wie Quarz und Calcit zeigen auch einige andere Mineralien den Hochwassercharakter der fünf oben genannten Proben. Dünntafeliger Apatit und Chlorit, beide in den letzten vorangehenden Proben selten, werden in Nr. 37, 39 und besonders 40 wieder häufiger und finden sich mit ähnlichen Mengen in Nr. 41 und 42. Auch flachrhomboedrischer Dolomit tritt in den vier letzten Proben von neuem auf. Nr. 40 verzeichnet Zunahme an Pyrit, hauptsächlich in Form frischer (nicht oxydierter), unzerbrochener Kristalle. Größere Rutil- und Zirkonmengen wurden in den letzten vier Proben festgestellt. Starke Mengenzunahmen in all den genannten fünf Proben (bes. in 39 und 40) zeigt auch der Turmalin. Von Nr. 39 ab tritt seine grüne Varietät von neuem auf. Wie weit sich für die Proben 40/42 hinsichtlich dieser Mineralien Einflüsse der Sense bemerkbar machen, kann nicht gesagt werden. Auf alle Fälle weisen das Verhalten des Apatits, des Chlorits und besonders des Pyrits auf solche hin.

Die Ausführungen von S. 59 bis S. 73 lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Die von der Saane durchflossenen tektonischen und petrographischen Zonen machen sich in der mineralogischen Zusammensetzung der Sande bemerkbar, aber so, daß die von der Saane frisch betretene Zone erst allmählich in den Sanden zur vollen Geltung gelangt, während die Einflüsse der verlassenen Zone langsam ausklingen.

2. Gefällsvvariationen der Flußrinne lassen sich in der mechanischen Konstitution der Sande, die einem mittleren Wasserstand entsprechen, deutlich nachweisen: gleich unterhalb von Flußstauungen zeigen sie höhere α -Werte und starkes Abweichen vom FS-Typus.

3. Bei Sanden, die an Stellen natürlicher oder künstlicher Flußbettverengungen (Flußverbauungen) gefunden werden (meist nur spärlich und gerne mit Kies vermischt), treten die groben Körnerklassen stark hervor.

4. Mehrere Nebenflüsse (Tscherzisbach, Fallbach, Lauibach, Grischbach, Rio de Flendruz, Tourneresse, Hongrin, Aergeren, Sense) scheinen die mechanische und mineralogische Konstitution der Sande des Hauptflusses zu beeinflussen. Diese Beeinflussung kann übrigens bei einzelnen Sandbänken deutlich werden, ohne daß die ganze Sandmenge in gleichem Maße verändert wird.

5. Durch Hochwasser gebildete Sandbänke zeigen andere Zusammensetzungen als durch mittleren Wasserstand verursachte. Die mineralogische Konstitution ersterer hat allgemein eine Beschaffenheit, wie sie für weiter flußaufwärts gefundene Sande charakteristisch ist.

6. Bei den von Hochwasser abgesetzten Sanden ist die mechanische Konstitution inselförmiger Anschwemmungen verschieden von der Beschaffenheit der am Ufer gebildeten Ablagerungen. Erstere haben für das Gefälle der betreffenden Flußstrecke zu hohe α -Werte und im Vergleich zu den benachbarten Proben zu niedrige g -Werte. Letztere zeichnen sich umgekehrt durch zu tiefe α -Werte aus. Begreiflich! Denn am erhöhten Ufer, in Buchten und außerhalb der Eindämmungen ist die Wassergeschwindigkeit, infolge schlechter Abflußmöglichkeiten und Rückstauungen usw. wesentlich verkleinert.

Literaturverzeichnis.

1. Andrau, E. W. K., La géologie du Pic Chaussy et ses abords (Alpes vaudoises). Amsterdam 1929.
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. Baltzer, A., Der diluviale Aaregletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern. Beitr. zur geol. Karte der Schweiz. Lief. 30, 1896.
4. Baumberger, E., Zur Tektonik und Altersbestimmung der Molasse am schweizerischen Alpenrand. Ecl. geol. helv. Vol. 24, Nr. 2, S. 205—222.
5. Bausteine und Dachschiefer der Schweiz, Die natürlichen. Beitr. Geol. d. Schweiz. Geotechn. S. Bd. V.
6. Behmer, C., Erratische Blöcke in der freiburger Ebene. Jahrb. d. geol. Institutes d. Univ. Freiburg (Schweiz). 1912.
7. Bieri, P., Der Bau der Klippendecke zwischen Gantrist und Simmental (Berner Oberland). Jahrb. Philosoph. Fakultät II Univ. Bern. Bd. V.
8. Büchi, O., Geologische Untersuchungen im Gebiet der Préalpes externes zwischen Valsainte und Bulle. Inaug. Diss. Univ. Zürich. 1923.
9. Bueß, H., Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg. Mitt. d. Naturf. Gesellsch. Freiburg (Schweiz), Bd. IX, H. 1, 1921.
10. Burri, C., Sedimentpetrographische Untersuchungen an alpinen Flußsanden. I. Die Sande des Tessin. Schweiz. Miner. u. Petrogr. Mitt. Bd. IX, H. 2, 1929.
11. Chemismus der Gesteine. Beitr. zur Geol. der Schweiz. Geotechn. S. Lief. XIV.
12. Damm, F., Die Vaulruz-Molasse. Das Kalkgebirge bei Châtel St.-Denis. Inaug. Diss. Univ. Freiburg (Schweiz), 1909.
13. Delabays, F., La Sarine et son utilisation industrielle. Thèse, Univ. Fribourg, 1928.
14. Favre, A., Texte explicatif de la Carte du phénomène erratique et des anciens glaciers du versant nord des Alpes suisses et de la Chaîne du Mont-Blanc. Mat. Carte géol. suisse. Livr. XXVIII, Berne.
15. Favre, E., et Schardt, H., Description géologique des Préalpes du Canton de Vaud et du Chablais jusqu'à la Dranse et de la Chaîne des Dents du Midi. Mat. Carte géol. suisse, Livr. XXII, Berne.
16. Früh, J., Geographie der Schweiz. I. Bd., St. Gallen, Fehr'scher Verlag, 1930.
17. Gagnebin E., Description géologique des Préalpes bordières entre Montreux et Semsales. Thèse, Univ. de Lausanne, 1924.
18. Geographisches Lexikon der Schweiz. Neuenburg, Verlag von Gebr. Attinger, 1902—10.
19. Geßner, H., Die Schlämmanalyse. Leipzig, Akad. Verlagsgesellschaft M. B. H. 1931.
20. Gilliéron, V., Aperçu géologique sur les Alpes de Fribourg en général et description spéciale du Montsalvens. Mat. Carte géol. suisse, Livr. XII, 1873.

21. Gilliéron, V., Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne. Mat. Carte géol. suisse, Livr. XVIII, Berne.
22. Girard, R. de, Les Alpes fribourgeoises. Section Moléson du C. A. S., Fribourg, 1909.
23. — Tableau des terrains de la région fribourgeoise. Mém. Soc. frib. sc. nat., vol. II, fasc. 2, 1901.
24. Graphische Darstellungen der Schweizerischen hydrometrischen Beobachtungen, 1913—16. Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, I.
25. Heim, Alb., Geologie der Schweiz. Leipzig, Chr. H. Tauchnitz, 1919—22.
26. Holmes, A., Petrographic Methods and Calculations. London, Murby, 1921.
27. Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz. 1917—30. Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft.
28. Jaccard, F., La région de la Brèche de la Hornfluh. Bull. lab. géol. Univ. Lausanne, Nr. 4, 1904.
29. — La région du Rubli-Gummfluh. Bull. lab. géol. Univ. Lausanne, Nr. 11, 1908.
30. Jeannet, Alph., Monographie géologique des Tours d'Aï. Mat. Carte géol. suisse, N. S., livr. XXXIV, 1918.
31. Kurbert, H., Neuere Untersuchungen über die tertiäre Nagelfluh im Gebiet zwischen der Aare und dem Genfersee. Inaug.-Diss. Univ. Freiburg (Schweiz), 1919.
32. Leclerc, F., Contribution à l'étude du cours de la Sarine et de sa puissance d'alluvionnement. Mém. Soc. frib. sc. nat. Vol. VIII, fasc. 2, Fribourg.
33. Lugeon, M., Les Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. Mat. N. S. Livr. XXX, fasc. 2, 1916.
34. Lugeon, M., und Rößinger, G., La Haute Vallée de Lauenen. Arch. phys. et sc. nat. Genève, (4), XI, p. 74, 1901.
35. Mauve, Chr., Geologische Untersuchungen im Molésongebiet. Inaug.-Diss. Univ. Zürich. 1921.
36. Milner, H. B., Sedimentary Petrography. London, Murby, 1929.
37. — Supplement to an Introduction to Sedimentary Petrography. London, Murby, 1926.
38. Müller, Aug., Erze von Cerniat. Bull. Soc. frib. sc. nat. Bd. 31.
39. Nußbaum, Fr., Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes. Jahresber. der geogr. Gesellsch. Bern. Bd. XX, S. 1—230.
40. Raeburn, C., und Milner, H. B., Alluvial Prospecting. London, Murby, 1927.
41. Renevier, E., Monographie des Hautes Alpes vaudoises. Mat. carte géol. suisse, livr. XVI, 1890.
42. Revertera, C. Graf, Auszug aus der geologischen Monographie der Kette des Mt. Cray. Inaug.-Diss. Univ. Freiburg (Schweiz), 1926.
43. Rosenbusch, H., Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien I.2. Spez. Teil von O. Mügge. V. Auflage Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1927.
44. Sarasin, C., Die Konglomerate und Breccien des Flysch in der Schweiz. N. Jahrb. f. Min. und Pal. Beilage Bd. VIII, p. 180 bis 215.
45. Schardt, H., Les Préalpes romandes. Bull. Soc. neuchâteloise de géogr. Tome XI, 1899.
46. Schnittmann, F. X., Über kristalline alluviale und diluviale Saanegerölle. Schw. Min. u. Petr. Mitt. Bd. VI, p. 359.
47. — Ein Glaukophangestein im Rhoneerratum von Freiburg (Schweiz). Schw. Min. u. Petr. Mitt. Bd. IX, p. 442.
48. Schuhmacher, J. P., Description géologique des environs de Rossinière. Thèse, Univ. de Lausanne, 1926.
49. Tercier, J., Géologie de la Berra. Mat. carte géol. suisse, N. S. livr. 60, 1928.
50. Tonlager, Die schweizerischen. Beitr. zur Geol. der Schweiz. Geotechn. Serie, A. IV, 1907.
51. Verploegh Chassé, Th., Beitrag zur Geologie der Dent de Broc und ihrer Umgebung. Inaug.-Diss. Univ. Zürich, 1924.
52. Wasserkräfte der Schweiz, Die. Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft. Bern, 1916.
I. Die Flächeninhalte des Einzugsgebietes. II. Die Wassermengen. III. Die Längenprofile.
53. Wasserverhältnisse der Schweiz, Die. I. Die Flächeninhalte der Einzugsgebiete. Aargebiet von den Quellen bis zum Bielersee. Veröffentlichung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft. Bern 1910.
54. Wengen, W. a., Geologische Untersuchungen im Gebiete des Vanil-Noir. Diss. E. T. H. Zürich. Pfäffikon 1924.
55. Wiegner, G., Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1926.

Karten.

- Geologischer Atlas der Schweiz 1:100 000. Blätter: XII 1897, XVII 1883.
Lugeon, M., Carte géologique des Hautes Alpes calcaires entre la Lizerne et la Kander. 1:50 000. Mat. carte géol. suisse. Carte spéc. Nr. 60.
Topographischer Atlas der Schweiz 1:100 000. Blätter: XII, XVII.
Topographischer Atlas der Schweiz 1:50 000. Blätter: 462 (Zweisimmen), 472 (Lenk), 481 (St. Léonard).
Topographischer Atlas der Schweiz 1:25 000. Blätter: 313 (Kerzers), 315 (Ulmiz), 316 (Mühleberg), 318 (Laupen), 329 (Düdingen), 331 (Fribourg), 344 (Matran), 345 (Marly), 346 (Farvagny), 360 (Riaz), 362 (Bulle), 458 (Grandvillard), 460 (Montbovon), 461 (Château-d'Oex), 468 (La Lécherette).

Verzeichnis der Tabellen.

- | | |
|--------------|---|
| Tabelle I | Flächeninhaltsangaben für das Einzugsgebiet der Saane. |
| Tabelle II | Einzugsgebiete (km ²) der Nebenflüsse der Saane. |
| Tabelle III | Abflußmengen der Saane bei der Pegelstation Freiburgerbrücke. |
| Tabelle IV | Entnahmestellen der Saanesandproben. |
| Tabelle V | Entnahmestellen der Sandproben aus den Nebenflüssen. |
| Tabelle VI | Resultate der Sieb- und Schlämmanalyse der Saanesande. |
| Tabelle VII | Resultate der Sieb- und Schlämmanalyse der Sandproben aus den Nebenflüssen. |
| Tabelle VIII | Variation von T, V, a und g der Saanesande. |
| Tabelle IX | Die Mineralien der Saanesande nach spez. Gewicht und Magnetismus. |
| Tabelle X | Variation des Mineralbestandes der Saanesande längs des Flußlaufes. |
| Tabelle XI | Variation des Mineralbestandes der Körnerklasse FS längs des Saanelaufes. |

Verzeichnis der Figuren.

- Figur 1 Die tektonischen Zonen des Saanegebietes.
Figur 2 Profil des Saanelaufes und Stellen der Sandentnahme.
Figur 3 Wasserreservoir für den Schlammapparat.
Figur 4 Diagramme der mechanischen Sandkonstitution.
Figur 5 Verschiedene graphische Darstellungen der Kummulativprozent.
Figur 6 Variation der a- und g-Werte der Saanesande.
Figur 7 a, g-Diagramm der Saanesande.
Figur 8 Variation des Mengenverhältnisses wichtiger Sandkomponenten längs des Saanelaufes.