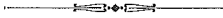


Erster Teil



Abhandlungen



Flussdichte.

Untersuchungen in drei Gebieten der Schweiz
(Napf, Verzascatal, Prugel)

Von

HEINRICH GUTERSOHN.

(Mit 3 Karten.)

(Als Manuskript eingegangen am 26. März 1930.)

Um die Flussdichte eines Gebietes zu bestimmen, misst man alle Flusslängen und teilt ihre Summe durch die Fläche. Zur Beurteilung örtlicher Unterschiede zerlegt man die zu untersuchende Landschaft und bestimmt für jedes Teilgebiet die Dichte. Will man aus den Verschiedenheiten Schlüsse ziehen, so muss die Maschengrösse so klein gewählt werden, dass diese Unterschiede zur Geltung kommen. GRAVELIUS¹⁾ schlägt ein Netz „natürlicher“ quadratischer Maschen vor, deren Weite $M = 2 : D$ beträgt, wobei D die vorher bestimmte mittlere Dichte des ganzen Untersuchungsgebietes bedeutet. Die mittlere Dichte des Napf beträgt 2,5. Es ergibt sich eine Maschenweite $M = 2 : 2,5 = 0,8$ km. Auf der Karte 1 : 25 000 wurde die etwas grössere Masche von 1 km Seitenlänge gewählt. Die Bezeichnung der ausgemessenen Quadrate stützt sich auf das offizielle Koordinatennetz der Siegfriedkarte. Masche 638/206 bedeutet das Kilometerquadrat, dessen SW-Ecke die Abszisse 638 und die Ordinate 206 hat (Napf). Mehrmaliges Messen der Flusslängen einer bestimmten Fläche ergab Resultate von 2,4, 2,4, 2,5, 2,4, 2,5 km, so dass also die Fehlergrenzen der erhaltenen Werte sicher bei $\pm 0,1$ liegen. Die mit dem Messrädchen bestimmten Längen lassen sich auf seiner Skala noch auf 0,1 km genau ablesen. Für die Gebiete Verzascatal und Prugel diente die Karte 1 : 50 000 als Grundlage. Auch für diesen Maßstab lassen sich auf der Skala des Rädchens die Längen auf 0,1 km ablesen. Das nach GRAVELIUS bestimmte natürliche Maschennetz hätte in beiden Landschaften eine Weite von 1,3 km. Es würde sich also auch hier ein Netz von 1 km (= 2 cm) Seitenlänge rechtfertigen. Misst

¹⁾ GRAVELIUS. Flusskunde. Berlin 1914.

man in einem solchen Feld die Flusslängen, so macht man die Erfahrung, dass mit dem Rädchen verhältnismässig oft abgesetzt werden muss, bedeutend häufiger als bei der Masche von 4 cm Seitenlänge der Karte 1 : 25 000. Jedes Absetzen ist jedoch eine Fehlerquelle, die zu berücksichtigen ist. Die Genauigkeit der Karte ist ebenfalls in Betracht zu ziehen. Untersucht man z. B. das Quadrat 708/130 (Val Agra), so findet sich hier eine Reihe von Wasserrinnen, die schwarz punktiert gezeichnet sind, d. h. Rinnen, die nach starken Regen und bei der Schneeschmelze Wasser führen, sonst aber trocken liegen. Würden diese Rinnen ganz mitberücksichtigt, so würde sich auf dieses Feld die Dichte 1,7 ergeben, ohne Berücksichtigung jedoch die Dichte 0, da keine Wasserläufe blau gezeichnet sind. Die Zahl solcher Rinnen ist im Tessin sehr gross. Man würde also mit Maschen von 1 km² eine Genauigkeit vortäuschen, die praktisch weder erzielt, noch kartographisch genau aufgenommen werden kann; denn das Einzeichnen der nur zeitweise lebendigen Wasserläufe ist stark vom subjektiven Ermessen des Topographen abhängig. Alle diese Gründe führten dazu, auch für die Karte 1 : 50 000 ein Quadrat von 4 cm Seitenlänge, das eine Fläche von 4 km² darstellt, als Grundlage der Messung zu wählen. Die Fehlergrenzen der Ablesung liegen auch hier bei $\pm 0,1$ km. Es wird gerade der vielen Trockenrinnen wegen vorsichtig sein, auch hier die Dichte nur auf eine Dezimale, die dann als sicher gelten kann, zu berechnen. Bei der Messung wurden die Trockenrinnen nicht mitgezählt. Dieses Vorgehen soll später begründet werden. Da wo ein Nebenfluss am Rande des Haupttales versickert und unterirdisch dem Hauptfluss zustrebt, wurde auch die unterirdische, verhältnismässig kurze Strecke mitberücksichtigt.

Napf. (Top. Atlas Bl. 197, 200, 369, 372).

Geol. Karte 1 : 100 000, Bl. VIII, XIII.

Das Gebiet entspricht dem Kartenausschnitt, dessen Schmalseiten auf den Ordinaten 629 und 646 und dessen Längsseiten auf den Abszissen 200 und 212 liegen. Die Fläche misst 204 km². Tabelle 1 zeigt die Flussdichtewerte.

Die totale Flusslänge beträgt 506,0 km. Es ergibt sich daraus als mittlere Flussdichte $506,0 : 204 = 2,48$. Die einzelnen Werte zeigen starke Unterschiede. Diese rühren z. T. davon her, dass die Wasserscheidezonen kleine, Gegenden, wo mehrere Bäche zusammenkommen, hingegen grosse Dichte ergeben. Ein Vergleich der Zahlen mit der Karte des Flussnetzes zeigt diese Tatsache deutlich. Den geringsten Wert zeigt Masche 631/203 in der Wasserscheide zwischen

Flussdichte in Maschen von 1 km².

Masche	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	Masche
211	2.8	1.0	2.7	1.6	2.5	2.3	1.7	2.3	1.8	2.2	3.6	2.3	3.2	3.4	1.6	2.0	3.0	211
210	2.8	3.1	3.2	0.8	2.1	2.1	1.5	1.5	1.1	3.9	3.5	2.5	2.3	3.0	3.9	2.3	1.2	210
209	3.5	2.4	2.6	3.3	1.5	2.2	1.6	2.5	1.8	2.1	3.8	2.3	2.7	1.7	1.6	2.7	3.8	209
208	3.2	2.0	2.3	1.7	2.8	2.2	1.5	3.7	1.1	4.3	2.8	2.8	3.3	3.5	2.7	2.4	2.6	208
207	2.7	2.3	1.8	1.1	3.6	2.1	2.7	2.5	1.6	3.5	2.6	2.5	2.1	4.0	3.3	2.9	4.2	207
206	3.0	2.3	2.4	2.2	2.8	2.8	1.7	3.0	2.8	3.2	2.1	4.5	2.7	2.8	3.3	2.1	2.7	206
205	2.4	2.0	2.0	3.2	2.0	2.5	2.0	3.8	1.8	2.6	3.3	3.2	2.8	3.2	2.4	1.7	3.5	205
204	2.0	2.3	3.3	2.1	2.7	3.0	2.3	3.8	2.0	2.4	3.7	4.2	3.6	3.8	2.3	4.4	3.3	204
203	2.4	1.3	0.6	0.9	1.7	3.2	1.9	1.8	3.1	2.1	1.9	1.7	1.5	2.9	4.8	1.7	0.7	203
202	2.5	2.0	1.0	1.8	2.3	1.8	1.8	1.6	2.0	2.5	4.1	4.0	4.7	1.8	1.1	1.2	3.2	202
201	1.3	1.1	2.2	1.6	1.2	1.8	2.9	2.4	2.2	2.1	2.7	2.7	1.2	1.9	2.2	2.8	2.6	201
200	1.5	2.8	2.2	2.1	1.7	2.6	2.1	3.0	3.0	2.3	3.0	0.7	2.7	2.6	4.0	4.0	1.9	200

..... innerstes Rechteck: Zone mit 170 cm Niederschlag mittlere Fläche: Zone mit 160 cm Niederschlag äussere Fläche: Zone mit 140 cm Niederschlag

Golgraben und Brandöschgraben mit 0,6. Beim Zusammenfluss des Goldbaches und der Grossen Fontanne Masche 643/203 findet sich die maximale Flussdichte 4,8. Im übrigen scheinen die einzelnen Werte ohne Gesetzmässigkeit angeordnet.

Die folgenden Faktoren haben Einfluss auf die Dichte:

1. Oberflächengestalt.
2. Pflanzendecke.
3. Beschaffenheit des Bodens.
4. Niederschläge und ihre jahreszeitliche Verteilung.

Es soll untersucht werden, ob und in welchem Masse diese Einflüsse zur Geltung kommen.

1. Oberflächengestalt.

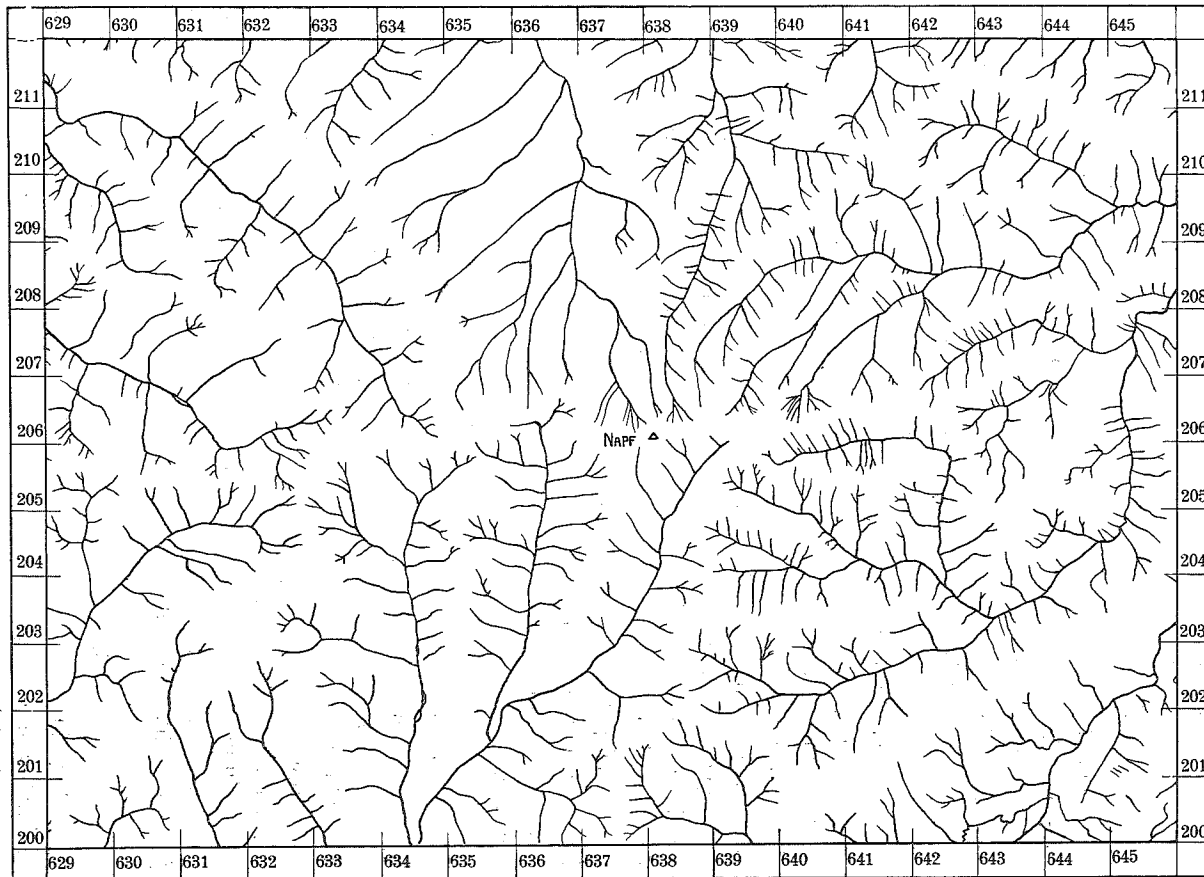
Mit fortschreitender Entwicklung einer Landschaft nimmt die Zahl der untergeordneten Nebenflüsse zu. Es bilden sich nach und nach Seitenrinnen, deren Zahl erst im Alter, wenn die Hauptrinnen die Seitenrinnen aufzehren, wieder geringer wird. Sind im Untersuchungsgebiet verschiedene morphologische Altersstufen vorhanden, so können sie in der Flussdichte zum Ausdruck kommen.

Die ganze Napfgruppe ist gegenwärtig eine reif zerschnittene Landschaft. Immerhin gibt es eine Reihe von noch jungen Seitengräben, die zu den älteren Hauptgräben stossen. Hätte jedoch das geringere Alter der Gebiete dieser Gräben einen Einfluss auf die Flussdichte, so müsste er sich im Hintergrund der Gräben, also in der Gegend der Wasserscheiden durch eine Verkleinerung der Dichte geltend machen, da das Hinterland eher eine noch junge Landschaft darstellt. Nun ist aber die Dichte zum vornherein in diesen Gebieten geringer als an den Hauptgräben, weil die kleinsten Gerinne sich hier erst nach Durchfliessen einer gewissen Wegstrecke zu einem sichtbaren Bächlein zusammenfinden. Die kleinen morphologischen Altersunterschiede können daher in den Dichtewerten nicht zur Geltung kommen.

Auf schwach geneigtem Boden entstehen zufolge der Windungen längere Rinnsale als auf starken Böschungen. Das Gefälle hat also Einfluss auf die Dichte. Bei sonst vollständig gleichen Einflüssen wird im Gebiet stärkeren Gefälles die Dichte geringer sein. Ein Kreis von 4 km Radius schneidet²⁾

²⁾ FLÜCKIGER. Morphologische Untersuchungen am Napf, Bern 1919.

Napf. Gewässernetz. Nach Top. Atlas 1 : 25,000.



Maßstab : 1 : 114,000.

Fankhausgraben	auf 920 m	}	s. w. ca. 900 m ü. M.
Hüttengraben	" 905 "		
Luthern	" 817 "	}	n. e. ca. 800 m ü. M.
Enziwigger	" 795 "		
Kleine Fontanne	" 790 "		
Krachenbach	" 800 "		

Das Gefälle ist also in der NE-Hälfte des Napf erheblich grösser als im SW-Teil. Es wäre bei gleicher Stärke der übrigen Faktoren im NE eine geringere Dichte zu erwarten als im SW. Berechnet man getrennt die mittlere Dichte der beiden Gebiete, so ergibt sich:

Mittlere Flussdichte im NE (stärkeres Gefälle)	2,63
" " " SW (schwächeres ")	2,37

Dieses Resultat ist, wenn auch nicht stark betont, dem erwarteten entgegengesetzt. Es muss noch ein anderer, stärkerer Einfluss vorhanden sein.

Als die kleine Emme bei Wolhusen noch nach N floss, war der Gefällsunterschied der beiden Fontannen gegenüber den SW-Flüssen geringer. Erst die postglaziale Ablenkung der kleinen Emme und die damit verbundene Tieferlegung der Erosionsbasis verursachte neue steilwandige Einschnitte und eine Gefällsvergrößerung dieser Flüsse. Man darf jedoch annehmen, dass die Gefällsänderung in der kurzen Zeit noch keine Änderung in Zahl und Art der Zuflüsse zur Folge hatte. Sie dürfte sich erst mit fortschreitendem Alter bemerkbar machen.

2. Pflanzendecke.

Eine geschlossene Pflanzendecke widerstrebt einer feinsten Verästelung des Flussnetzes. Die Vegetationsdecke des Napf ist gleichmässig; ein kräftiger Rasenfilz oder Wald überzieht den Boden. Da die Pflanzendecke mit geringen Ausnahmen das ganze Gebiet zusammenhängend überzieht, kann sie keine örtlichen Unterschiede in der Flussdichte bewirken. Die Dichte wäre allgemein grösser, die Zerschneidung des Grundes sehr viel feiner (bad lands), wenn keine Pflanzen vorhanden wären. Unterschiede der einzelnen Maschen würden damit jedoch nicht begründet.

3. Beschaffenheit des Bodens.

Der Napf ist aus Nagelfluh mit eingelagerten Mergel- und Sandsteinbänken aufgebaut. Die einzelnen Nagelfluhbänke weisen Risse auf, in die das Wasser bis zu den andersartigen Schichten versickern kann. Da dieser Gesteinsaufbau für die ganze Napfgruppe derselbe ist, können sich aus der Gesteinsbeschaffenheit keine Dichteunterschiede ergeben.

Südöstlich der Linie Wolhusen-Napf-Höchenzi-Rislaualp ist die Nagelfluh von der allgemeinen Dislokation der alpennahen Molasse erfasst und schräggestellt worden. Es ist anzunehmen, dass ein Teil des in den Boden eingedrungenen Wassers auf den weniger durchlässigen Schichtflächen abwärts gegen N wandert; aus diesem Grunde liesse das nordwärts gelegene Gebiet mehr Quellen und damit eine grössere Flussdichte erwarten als das südliche. Für beide Teile wurde getrennt die mittlere Dichte berechnet. Es ergab sich:

Mittlere Flussdichte,	horizontale Molasse	2,44
„	„	„
„	„	„
„	schräggestellte	2,50

Der Unterschied der beiden Werte ist bedeutungslos. Zudem ist die Dichte entgegen den Erwartungen im südlichen Teil noch um eine Spur grösser.

5. Niederschläge und ihre jahreszeitliche Verteilung.

Je mehr Niederschläge ein Gebiet erhält, desto grösser wird die Zahl der Rinnsale sein. Sind die Niederschläge gleichmässig über das Jahr verteilt, so werden die Wasserläufe immer vorhanden sein. Die Bäche können jedoch zeitweise austrocknen, wenn es Trockenperioden gibt.

Da der Napf im feuchten Mittellandklima liegt (110—170 cm Niederschlag pro Jahr), wäre anzunehmen, dass die Bäche das ganze Jahr hindurch Wasser führen, vielleicht mit einer leichten Abnahme im Winter. Die Erfahrung zeigt aber, dass in den verhältnismässig kurzen Trockenzeiten doch sehr viele Gewässer in den Napftälern austrocknen, besonders deshalb, weil dem Gebiet ein ausgleichender Schneevorrat oder eine Feuchtigkeit aufspeichernde Moränendecke fehlt. Sommergewitter können umgekehrt ein plötzliches starkes Anschwellen der Bäche verursachen. Man darf jedoch annehmen, dass die Wasserrinnen während des grössten Teils des Jahres Wasser führen, wenn auch auf einzelnen Strecken und für kurze Zeit in der Tiefe des Kiesstranges verdeckt, und dass die Karte alle Flussläufe darstellt, mit Ausnahme derjenigen, die nur nach Gewittern vorhanden sind und dann sofort wieder austrocknen. Die errechneten Dichten haben also für die kurzen Trockenzeiten keine Gültigkeit.

Nach der Regenkarte von BROCKMANN³⁾ wurden in Tabelle 1 die verschiedenen Niederschlagszonen des Napf eingezeichnet. Allerdings sind diese Zonen zur Vereinfachung der Rechnung stark schematisiert

³⁾ BROCKMANN. Regenkarte der Schweiz. Zürich 1924.

dargestellt. Dies darf jedoch verantwortet werden, da ja die Regenkarte in ihren Einzelheiten auf Vermutungen abstellt. Die Rechnung ergibt folgende Resultate:

Mittlere Flussdichte im Gebiet von 140 cm Niederschlag	2,37
" " " " " 160 " "	2,44
" " " " " 170 " "	2,76

Es folgt, dass die Niederschläge einen deutlichen Einfluss auf die Flussdichte des Napfes haben, und zwar so, dass im Gebiet stärkerer Niederschläge auch eine grössere Dichte vorhanden ist, wie zu erwarten war. Immerhin sind auch die Unterschiede dieser Werte klein. Eine Betrachtung des Flussnetzes zeigt denn auch eine ziemlich regelmässige Anordnung der reich verästelten Wasserrinnen.

Verzascatal. (Top. Atlas, Bl. 507, 508, 511, 512, 514, 515)

Geol. Karte 1 : 100,000, Bl. XIX.

Es wurde das Gebiet untersucht, das zwischen den Abszissen 700 und 714 und zwischen den Ordinaten 116 und 138 liegt. Die Tabelle 2 zeigt die erhaltenen Dichten pro Masche. Am rechten Rande der Zu-

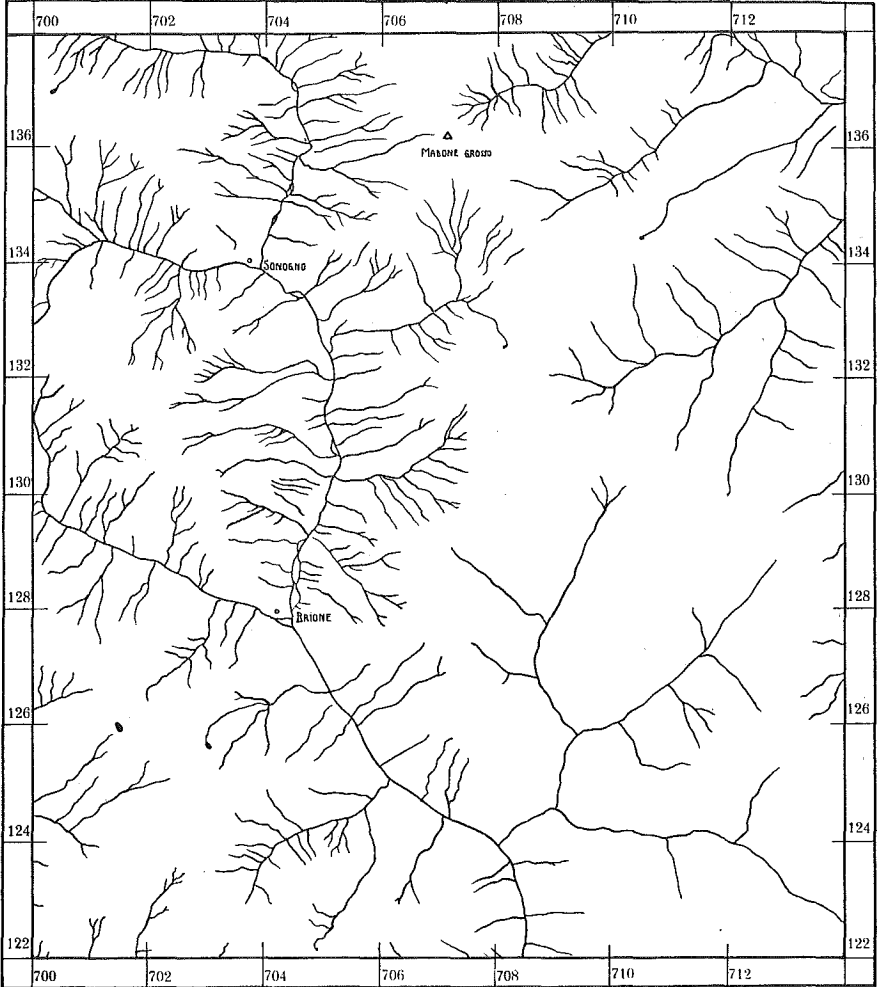
Tabelle 2

Verzascatal

Flussdichte in Maschen von 4 km².

Masche	700	702	704	706	708	710	712	Mittel
136	1.7	2.3	3.7	1.0	2.7	1.2	1.8	2.1
134	3.6	2.0	3.0	1.8	1.3	1.2	1.9	2.1
132	1.0	3.5	2.8	2.0	0.5	1.9	1.7	1.9
130	2.3	1.6	3.3	2.2	0.4	0.6	0.9	1.6
128	3.2	2.3	3.3	1.2	0.8	0.0	0.5	1.6
126	1.0	1.8	1.5	0.8	0.8	1.4	0.7	1.1
124	1.5	0.6	2.1	1.8	1.1	1.0	0.5	1.2
122	0.8	1.3	1.6	1.3	1.4	0.3	0.5	1.0
120	1.7	1.9	2.2	2.7	3.3	2.6	1.4	2.3
118	1.8	2.5	2.3	2.7	4.3	2.9	3.5	2.9
116	1.3	2.3	2.4	2.3	3.9	2.2	1.6	2.3

Verzascatal. Gewässernetz. Nach Top. Atlas 1:50,000.



Maßstab: 1 : 131,000

sammenstellung sind die mittleren Dichten der horizontalen Streifen der Tabellen notiert. Die drei unteren Werte sind rund doppelt so gross als die übrigen. Die Dichte wäre nach dieser Tabelle in dem südlichen 6 km breiten Streifen 116—122 doppelt so gross als im übrigen Untersuchungsgebiet. Nun bildet aber die Ordinate 122 gerade die Grenze zwischen den Blättern 511/12 und 514/15, die von verschiedenen Topographen gezeichnet wurden. Es drängt sich die Vermutung auf, dass der eine Topograph mehr Wasserrinnen als der Einzeichnung in die Karte wert gefunden hat als der andere. Ver-

gleichet man die Blätter 515 und 512 miteinander, so zeigt sich, dass im ersten Blatt bedeutend mehr Einzelheiten aufgenommen sind als auf dem zweiten Blatt, das stärker generalisiert scheint. Aus diesem Grunde wurde der auf den Blättern 514 und 515 dargestellte, d. h. südlich der Ordinate 122 liegende Teil der Landschaft für die weiteren Untersuchungen nicht berücksichtigt. Es bleibt eine Fläche von 224 km².

Diese Feststellungen zeigen deutlich, wie vorsichtig vorzugehen ist, wenn aus der Karte bestimmte Schlüsse gezogen werden sollen. Man wird gut tun, Vergleiche mit mittleren Flussdichten anderer Gebiete äusserst sorgfältig vorzunehmen. Die Dichten sind weniger absolute als relative Werte.

Eine erste Übersicht der Zahlen auf Tabelle 2 zeigt zunächst keine bestimmte Gruppierung der Werte. Das Dichtemittel berechnet sich zu 1,57. In der Masche 128/710 findet sich die minimale Dichte mit 0,0 und in Masche 136/704 die maximale Dichte 3,8.

1. Oberflächengestalt.

Das Verzascatal und seine Seitentäler haben Kerbprofil. Ihre Gefälle sind noch unausgeglichen. Sie sind jung, und ihre Dichte ist geringer als im Napf. Es sind jedoch noch andere Einflüsse zu berücksichtigen.

Das Relief des Verzascatal und seiner Umgebung zeigt scharfe Gegensätze. Während die Verzasca unterhalb Lavertezzo in 500 m Höhe aus dem Untersuchungsgebiet tritt, kommen Berge bis zu 2726 m (Madone grosso) vor. Daneben gibt es noch eine grosse Zahl von Gebirgsstöcken, die mehr als 2000 m Höhe erreichen. Verglichen mit dem Napf muss auch aus diesem Grunde die Dichte im Tessin, dem Gebiet stärkeren Gefälles, geringer sein.

2. Pflanzendecke.

In den Tälern findet sich sehr viel Wald. Die Waldgrenze lässt sich auf rund 1900 m Höhe leicht verfolgen. Darüber liegen Alpweiden und schliesslich nackte Felsgebirge. Ein Einfluss der Vegetationsdecke auf die Dichte, ähnlich wie im Mittelland, kommt nicht zum Ausdruck. Dagegen scheint der Einfluss des Reliefs gross zu sein. Nach Regengüssen laufen die Wasser an den kahlen Felswänden sofort ab. Diese Rinnen versiegen jedoch nach Aufhören der Niederschläge wieder, da ja keine durch Retention wirkende Pflanzendecke und keine durchlässigen quellbildenden Gesteine vorhanden sind. Es fehlt auch eine dauernde Schneedecke. Erst weiter unten, in der Humusschicht

der obern Alpweiden kann das Wasser versickern, so dass Quellbildungen dann schliesslich auf etwa 1900 m, d. h. an der Waldgrenze zustande kommen. Nur ganz wenige Gewässer beginnen über der Waldgrenze. Die Flussdichtenunterschiede dieses Gebietes sind also am stärksten durch das Relief bedingt.

3. Beschaffenheit des Bodens.

Das Verzascatal liegt in der Wurzelzone der Alpen und hat Gneisunterlage. Dieses Gestein ist für Wasser undurchlässig. Es wäre nur eine Versickerung in Klüfte des Untergrundes denkbar. Verglichen mit dem Napf müsste sich hier unter sonst gleichen Bedingungen eine grössere Dichte ergeben. Dies ist nicht der Fall. Der Einfluss des Gesteinsuntergrundes wird von den andern mitwirkenden Faktoren überdeckt.

Im obern Teil des Verzascatales lag einst ein See, der durch einen Bergsturz unterhalb Brione gestaut war. Die Verzasca grub sich durch den Damm ein neues Bett und brachte den See wieder zum Auslaufen. An seiner Stelle dehnt sich aber noch eine bis 600 m breite, flache Schuttbene aus, in welcher viele Seitengerinne zwischen Gerra und Alnasca versickern, um unterirdisch zur Verzasca zu gelangen. Da jedoch auch der unterirdische Teil dieser Flussläufe mitgerechnet wurde, so tritt diese Unregelmässigkeit im sonst gleichartigen Gestein nicht als Dichteunterschied zutage.

4. Niederschläge.

Nach der Regenkarte von BROCKMANN bekommt das Verzascatal jährlich 200 bis 240 cm Niederschläge, die umliegenden Berge bis 300 cm. Wir sahen bereits, dass gerade diese hochliegenden Gebiete die geringste Flussdichte haben. Ebensowenig macht sich der Umstand geltend, dass das Talbecken von Sonogno die geringsten Niederschläge der Gegend (198 cm) bekommt.

Die Niederschläge des Tessin sind im allgemeinen heftig, gussartig. Nach einem solchen Regen werden allerdings auch auf der Höhe viele Bäche fliessen, die aber sofort nach Aufhören des Gusses wieder versiegen. Eine Reihe solcher Bäche kommt auch weit in die Täler herunter. Die Topographen, welche die Blätter 512 und 514 zeichneten, haben diese Wasserläufe offenbar punktiert angegeben, während sie auf den Blättern 507, 508, 511 gar nicht eingezeichnet wurden. So lässt sich z. T. der schon oben erwähnte Unterschied der Blätter 511/12 und 514/15 erklären. Die Flussdichtetabelle will nicht jenes Augenblicksbild der Niederschlagszeiten festhalten — sie könnte dies

auch nicht, da die Trockenflüsse nicht auf allen Blättern angegeben sind — sondern das Bild so wie es dauernd vorhanden ist. Deshalb wurden die punktierten Flussläufe nicht berücksichtigt. Wollte man für das Verzascatal eine Dichtetabelle herstellen, um aus ihr die Erosionskraft der Bäche abzuschätzen, so müssten alle Trockenrinnen mitberücksichtigt werden, da gerade diese nur kurze Zeit fließenden, aber viel Wasser führenden Gebirgsbäche vermöge ihres grossen Gefälles und ihrer Stosskraft stark erodieren. Die Dichtezahlen sind also für dieses Gebiet nur sehr bedingt richtig.

Wären die Niederschläge des Tessin ähnlich über längere Zeit verteilt wie nördlich der Alpen, so müsste das Flussnetz dichter sein. Die zeitliche Verteilung der Niederschläge hat also insofern einen Einfluss, als sie im Tessin bei gleicher Menge eine geringere Flussdichte hervorrufen als nördlich der Alpen. Die gussartigen Tessinerregen haben dagegen geringen Einfluss auf die Dichte des dauernden Flussnetzes.

In der Karte des Flussnetzes des Verzascatales kommt die verglichen mit dem Napf allgemein geringere Zahl der Wasserrinnen zur Geltung. Die Quellen gegenständiger Bäche sind weiter voneinander entfernt. Die Wasserscheidegebiete, d. h. die Gegenden der grössten Erhebungen sind ausgedehnter. Am meisten Rinnsale liegen in den tiefsten Stellen des Reliefs, also längs der Verzasca.

Pragel. (Top. Atlas Bl. 261^{bis}, 263, 399, 400, 403, 404)

(Geol. Karten: 1:100,000 Bl. IX, XIV.

Oberholzer u. Heim: Glarneralpen 1:50,000)

Das Untersuchungsgebiet wird durch die Abszissen 700, 716 und durch die Ordinaten 191, 215 begrenzt. Es umfasst eine Fläche von 384 km². Die Wahl dieses Kartenausschnittes wurde absichtlich so getroffen, um die Abhängigkeit der Flussdichte von der Beschaffenheit des Bodens zu zeigen. Geologisch handelt es sich um einen Teil der helvetischen Decken, nämlich Drusbergdecke (Kreide), Rädertendecke (Kreide) und Axendecke (Kreide und Jura). Im N und S anschliessend finden sich Flyschgebiete.

Die erhaltenen Dichten pro Masche von 4 km² sind in der Tabelle 3 zusammengestellt. Wie zu erwarten war, zeigen sich sehr grosse Unterschiede in den einzelnen Messfeldern, die offensichtlich durch die Natur des Bodens bedingt sind. Auch das Gewässernetz lässt die Verschiedenheiten der einzelnen Gebietsteile deutlich erkennen. Es hätte keinen Sinn, eine mittlere Flussdichte des Pragelgebietes zu berechnen,

Tabelle 3

Pragel.Flussdichte in Maschen von 4 km².

Masche	700	702	704	706	708	710	712	714	Masche
213	3.3	3.2	3.3	3.5	1.5	1.5	0.8	0.5	213
	<i>a</i>							<i>c</i>	
211	4.8	3.1	2.6	1.3	2.1	1.0	0.1	0.8	211
209	4.7	2.7	2.0	2.2	1.2	1.1	0.9	1.1	209
207	2.6	2.6	2.3	2.3	0.9	1.3	0.8	0.7	207
205	2.5	0.9	2.2	1.7	1.1	0.0	0.5	1.8	205
203	<i>b</i> 2.5	1.9	0.2	0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	203
201	1.0	0.7	0.8	0.5	0.9	0.3	0.5	0.0	201
	<i>d</i>								
199	0.8	0.2	2.3	1.4	0.0	0.5	0.3	0.3	199
197	1.6	3.4	0.6	1.5	1.9	1.2	0.7	0.1	197
	<i>e</i>								
195	1.8	1.2	0.8	1.9	0.4	0.1	1.3	1.1	195
193	0.1	0.6	0.7	0.9	0.0	1.6	0.9	0.6	193
191	2.3	3.3	2.7	1.1	1.8	1.2	0.3	0.9	191
	<i>f</i>								

a Flyschzone von Einsiedeln*b* Kreidezone der Drusbergdecke*c* Kreidezone der Rädertendecke*d* Kreidezone der Axendecke*e* Jurazone der Axendecke*f* Autochthone Sedimente

da dieser Wert der grossen Schwankungen in den Teillandschaften wegen doch nicht zu Vergleichen herangezogen werden dürfte. In Tabelle 3 sind verschiedene geologische Zonen voneinander abgegrenzt und deren Flussdichte getrennt berechnet worden:

a) Flyschzone von Einsiedeln. Mittlere Flussdichte 3,24.

Dieses Gebiet hat die grösste mittlere Flussdichte der in dieser Arbeit behandelten Gegenden. Masche 211/700 erreicht mit der Dichte 4,8 den höchsten Wert. Wir sehen, dass die von Sandsteinen durchzogenen Mergel- und Tonschiefer des Flysch das Wasser kaum eindringen lassen. Die Gewässerkarte zeigt hier ein reich verästeltes Flussnetz.

b) Kreidezone der Drusbergdecke. Mittlere Flussdichte 1,98.

Am Pragelpass treten schräg aus der Tiefe tauchend Valangienmergel zu Tage. Diese Schichten begünstigen die Entstehung von Bächen. Der Unterschied der wenig durchlässigen Valangienmergel gegenüber den gewässerarmen benachbarten Schichten der obern Kreide tritt am Pragel besonders deutlich hervor: von rechts viele Zuflüsse zum Starzlenbach, von links nur ganz vereinzelte.

Stark vertreten sind die mergeligen Drusbergschichten der untern Kreide (Sihlthal, Drusberg-Heuberger) welche ebenfalls Anlass zu einer Verdichtung des Gewässernetzes geben.

Der Gault scheint dagegen eine ausgiebige Gewässerentwicklung zu verhindern. Besonders schön zeigt sich dies zwischen Unter- und Oberiberg, wo das fast vollständig aus diesen Schichten gebaute Gewölbe der „Guggeren“ einen starken Kontrast zu dem unmittelbar anliegenden wasserreichen Flysch bildet. Die gleichen Schichten sind stark vertreten zwischen dem Sihlthal und dem Tal der Stillen Wag. Die Bäche versickern meist nach kurzem Lauf wieder.

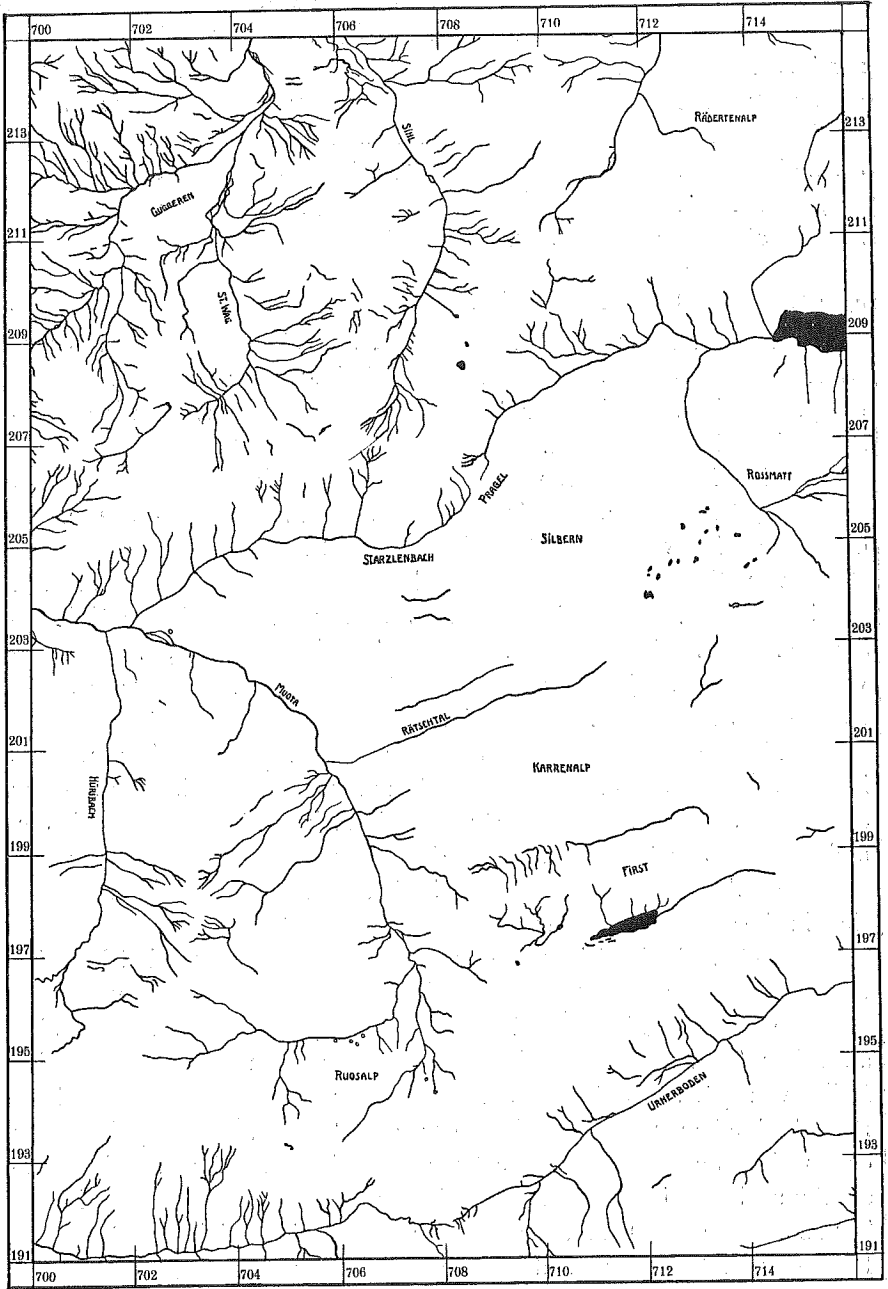
c) Kreidezone der Rädertendecke. Mittlere Flussdichte 0,55.

Die Oberfläche besteht vorwiegend aus Schrattenkalk. Er ist in hohem Grade zerklüftet und lässt darum fast keine Wasserläufe zustande kommen. Die wenigen Flüsse ziehen sich hauptsächlich den Rändern der Decke entlang, wo andere zutage tretende Schichthorizonte oder Quartärbildungen ein Versickern verhindern. Östlich an die Rädertenalp schliesst sich ein Karrenfeld an.

d) Kreidezone der Axendecke. Mittlere Flussdichte 0,72.

Die obersten Schichten bildet ähnlich wie in der Rädertendecke der Schrattenkalk. Ausserdem sind in kleinerem Ausmasse die übrigen Horizonte der Kreide vertreten. Hier liegen die öden Karrenfelder der Silberalp. In zwei Messfeldern sind überhaupt keine Bäche anzutreffen. Die Unterlage der Silberalp besteht aus den wenig durchlässigen Drusbergschichten, weshalb hier eine Reihe von kleinen Seen und

Pragel. Gewässernetz. Nach Top. Atlas 1 : 50,000.



Maßstab 1 : 149,000.

Sümpfen liegen, die aber zu keinen Flussbildungen geführt haben. Die grösste Dichte dieser Zone hat der oberste Teil des Rossmattertales. Im Moränengebiet der Rossmattalp entspringen mehrere Bäche, die sich zur Rossmatterklön vereinigen. Grössere Flussdichten verursachen auch die drei tiefern, stark mit Quartärablagerungen versehenen Einschnitte des Rossmattertales, des Bisistales und des Hüribaches. Im untern Teil des Bisistales, wo die Muota die untersten Kreideschichten angeschnitten hat, treten mehrere Stromquellen in unmittelbarer Nähe des Flusses zutage, die grösste bei Balm.

e) Jurazone der Axendecke. Mittlere Flussdichte 0,86.

Der Malm ist weitaus am stärksten vertreten und lässt in seinen Klüften alles Wasser versickern, jede Bachbildung verhindernd. Überall finden sich in verschiedener Ausdehnung Karrenfelder. Der Boden ist auf weiten Flächen nackt.

Mitten in dieser Zone liegt der „First“, ein etwa 6 km langer Berggrat, der aus Zementstein gebaut ist. Die mergelige Beschaffenheit dieses Gesteins verhindert das Eindringen des Wassers, so dass eine Reihe von Bächen nach N und S die Entwässerung besorgen. Der prächtige Glattensee auf der Glattalp verdankt sein Dasein den Zementsteinschichten. Alle Bäche versiegen jedoch sofort da, wo der gewöhnliche Malm wieder an die Oberfläche tritt. Auch der Bach des Rätstales fliesst in Zementstein.

Während östlich des Bisistales der Malm nahezu horizontal liegt, ist er westlich davon stark gestört und verfaltet. Die Kreide- und die Jurazone der Axendecke drängen sich nach W bis gegen den Faulen und den Roßstock zu einem einzigen Grat, dem Axen, zusammen. Deshalb wohl die stärkere Störung in den einzelnen Schichten, so dass sich in dieser Gegend mehr Gerinne erhalten können.

Das obere Bisistal ist reich an Gewässern. Die Muota hat hier den Malm weggeräumt und Dogger und Lias blossgelegt. Diese kompakteren Schichten scheinen bedeutend weniger durchlässig zu sein. Sie bilden an beiden Talhängen unter dem Malm Quellhorizonte, an welchen eine Reihe von Bächen entstehen. Auf der ganz von Moränen bedeckten Ruosalp bleiben allerdings viele dieser Quellen verborgen. Sie treten erst weiter unten aus dem Moränenschutt hervor. Eine ähnliche Erscheinung lässt sich auf dem Urnerboden feststellen. Längs des linken Talhanges, rund 300 m über dem Talboden, zieht sich ein Band von Dogger und Lias, das Anlass zur Bildung zahlreicher Quellen gibt, deren Wasser über Gehängeschutt fliessend den Talboden erreicht. Die undurchlässigen Schichten fallen allerdings schräg nach N ein,

steigen aber jenseits der Karrenalp auf der Linie Böser Faulen-Pfannenstock wieder höher. Die Quellen über dem Urnerboden sind daher Überfallquellen. Das auf der Karrenalp und auf der Glattalp versickerte Wasser tritt im obern Bisistal und über dem Urnerboden wieder zu Tage.

Der rechte Talhang des Urnerbodens hat Malm-Unterlage und im Gegensatz zur linken Halde nur vereinzelte Bäche.

f) Zone der autochthonen Sedimente. Mittlere Flussdichte 1,44.

Flysch ist vorherrschendes Gestein. Ausserdem sind quartäre Ablagerungen häufig (Gehängeschutt, Moränen).

Kreide und Malm sind infolge starker Zerklüftung stark durchlässig. Eingelagerte Mergel und Tone können stellenweise die Gewässerdichte erhöhen. Flysch, Dogger und Lias haben geringe Durchlässigkeit. Sie verdichten das Flussnetz.

Übrige Einflüsse.

Alle übrigen Umstände, die sonst die Flussdichte beeinflussen, treten zurück:

Gebiete ohne Pflanzendecke, die nackten Karrenfelder der Silbern und der Karrenalp, haben gerade die geringste Dichte. Das Flyschgebiet von Einsiedeln und das Bisistal erhalten die geringsten (160—180 cm), Silbern und Karrenalp die stärksten Niederschläge (200—260 cm). Es ist also die Beschaffenheit des Bodens, die weitaus am stärksten die Dichteunterschiede des Gewässernetzes bedingt.

Zusammenfassung.

Im Napf, wo die Gesteinsunterlage durchwegs aus Molassenagelfluh besteht, überwiegt der Einfluss der Niederschlagsverteilung. Die Unterschiede der Flussdichten in den verschiedenen Niederschlagszonen sind jedoch sehr gering.

Im Verzascatal, einem Gebiet von homogener Gneisunterlage, prägt sich in den Flussdichten deutlich der Einfluss des Reliefs aus.

Im Pragergebiet treten alle Faktoren weit zurück hinter die Wirkung der Gesteinsunterlage.

Vergleicht man die Resultate der vorstehenden Untersuchungen, so zeigt sich, dass die Flussdichte wohl am stärksten durch den Ge-

steinscharakter bedingt ist. Immer jedoch wird die Flussdichte das Ergebnis des Zusammenwirkens der besprochenen beeinflussenden Faktoren sein.

Literatur.

1. GRAVELIUS: Flusskunde, Berlin 1914.
2. FLÜCKIGER: Morphologische Untersuchungen am Napf, Bern 1919.
3. BROCKMANN: Regenkarte der Schweiz, Zürich 1924.
4. HEIM: Geologie der Schweiz, Leipzig 1919.
5. FLUCK: Flussdichte im schweiz.-franz. Jura, Basel 1925.
6. Geographisches Lexikon der Schweiz, Neuenburg 1906.
7. WEBER: Tektonische Karte des Wurzelgebietes der helv. Decken, Geol. Kommission der Schw. Nat. Ges. 1922.

Geographisches Institut der Universität Zürich; Februar 1930.
