

3. Geologische Beobachtungen im Tessinthal.

VON HERRN F. M. STAPFF in Airolo.

(Fortsetzung.)¹⁾

2. Strandbilder.

Hierzu Tafel II. und III.

Der Wanderer, welcher seinen Weg zwischen der Biaschina und Chiggiogna von 300 — 800 m hohen Klippwänden eingeraht sieht, ahnt kaum dass auch hinter ihren Zinnen Menschen wohnen, von denen es noch weit ist zum höchsten Gebirgskamm, den er vom Thalboden aus zu erblicken meinte. Hat er aber den Thalrand auf stundenweisem Umweg erreicht, so findet er sich erstaunt auf einem flach geneigten Wiesenband, welches bald halbkilometerbreit ausgreift, bald zu schmaler Leiste zusammenschumpft; hie und da an Klippeggen absetzt, von Sturzhalden überschüttet oder von Thalmulden unterbrochen ist. Und hinter diesem Boden ragt abermals eine Klippmauer, öfters über die Waldgrenze hinaus.

Das Wiesenband zieht sich vom Hauptthal in die Seitenthäler; bequeme Pfade führen auf ihm von Bergdorf zu Bergdorf: Von Mti Cala im Val Chironico 1492 m, nach Mti Gonzegno 1419, Mti Olina 1461, Mti Chesso 1447, den Wiesenflächen oberhalb Gribbio 1444, durch den Wald von Dalpe bis Piumogna 1400, und Alpe Gora 1440.

Nach einer Unterbrechung von 9 à 10 km findet man den Saum wieder bei Gioet 1440 und folgt ihm nach Giof 1410, Nante 1426, den Sennhütten von Coliscio 1519 und 1395 (1457) Alle Cassine 1502, Strade rosse 1474. Von da steile Waldlehne bis zu den Böden von Motta und Selva 1470, Ronco 1481 und Bedretto 1405, im hintersten Bedrettothal. Dies ist eine Strecke von fast 35 km, auf welcher die mittlere Meereshöhe des auch ohne Karte leicht erkennbaren flach geböschten Bandes 1442 m beträgt; mit Schwankungen zwischen 1400 und 1500. ²⁾

¹⁾ Siese diese Zeitschr. XXXIII. pag. 604.

²⁾ Auch diese Schwankungen lassen sich noch einschränken, wenn man die mittleren Höhen der jemaligen Verflächungen zusammensetzt, und nicht die auf der Karte ausgesetzten Höhenquoten einzelner Punkte, wie hier geschehen, um dem Leser das Verfolgen der Linie auf der Karte zu erleichtern. Bei einer anderen Gelegenheit fand ich auf erste Weise 1446 m mittlere Meereshöhe dieses Bandes.

Das Auge, welches von den Wiesen hinter Mti Chesso nordostwärts das Tessinthal sucht, findet es nicht. Es liegt tief unter der Fläche, die ohne Unterbrechung zu dem mit Dörfern und Maiensessen bestreuten flachen Gürtel am jenseitigen Berggehänge fortzusetzen scheint. Derselbe ist öfters unterbrochen und weniger scharf profilirt als der diesseitige, lässt sich aber nach folgenden Merkpunkten ausfinden. Moriscio 1492, Tirciolo 1410, Uso 1470 1500 (1485),? 1479, Adeiro 1473, Cradompo 1442, Cò 1391, Molare 1500 (lange Unterbrechung), Alp oberhalb Brugnasco 1500, Pautan im Val Canaria 1470, Monti 1500, Selva im Val Bedretto 1500, Sorio 1457, Orello 1408, Bedretto 1405, Ronco 1481, Selva und Motta 1470. Weiter als 43 km. zieht auch auf der linken Thalseite vom Bergsporn zwischen Tessin- und Brennothal bis zum hinteren Bedrettothal in der mittleren Meereshöhe 1462 m ein flach geböschter Streifen an der sonst steileren Lehne!

Die Senkung des Thalweges um ca. 1140 m beeinflusst diesen in 1400 à 1500 m Meereshöhe auf beiden Thalgehängen fast horizontal verlaufenden Streifen ebensowenig, als die Unebenheiten des Meeresbodens das gleiche Niveau der Küstenlinie beeinträchtigen. Gewährt eine dichte Nebelbank, von Biasca bis Bedretto, im Tessinthal einen zufälligen Horizont etwa 1450 m ü. M., so erscheint über demselben eine Fjordlandschaft mit Einbuchtungen und wenigen schmalen Seitenarmen. Felsige Ufer senken sich hier, kahl steil und ohne Sockel in die Tiefe; dort verschwimmen die schwebenden Contouren flacher grüner Gestade; steile Waldlehnen mit einsamen Buchten zwischen vorspringenden Köpfen fassen auf schmalen Ufersäumen; vereinzelt kleine Schären tauchen am Strand auf, welchem Bäche zueilen, an Dörfern und Sennhütten hin. Und alles umfasst der Gebirgskamm mit seinen schneeigen Gipfeln.

Aber auch an diesem sind in bestimmten Höhenstufen Profile mit Strandzügen zu erkennen. Die oberen Böden der meisten Gletscher des Gotthardgebietes gleichen flachen Buchten im Firn; ihre Meereshöhe schwankt häufig zwischen 2600 und 2900 m, doch lassen sie sich nicht wohl in Linien gleichen Niveau's reihen.

Dies gelingt schon mit den steinigten Weideböden in etwa 2379 m mittler Meereshöhe, welche nur kurze Zeit im Hochsommer mit Kühen befahren, in der Regel zu Schafweiden verwendet werden. Zwergbirken, Alpenrosen, Heidelbeeren und Wachholder hören da auf zu wachsen; Murmelthiere legen ihre Baue nicht höher an; einzelne Schneeflecke bleiben ständig.

Viele isolirte Verflächungen an den Berggehängen zwischen

den Höhengurven 2400 und 2100 lassen sich nicht zwanglos in einen Gürtel mässiger Breite zusammenfassen.

Leicht zu erkennen und zu verfolgen ist dagegen die Zone der Alpenweiden in 2098 m mittler Meereshöhe. In einer nicht gar abgelegenen Periode erreichten noch Nadelwälder diese Region, wie einzelne dem Wetter- und Zeitenwechsel trotzbende Skelette von Lärchen, und Wurzelstöcke in Torfmooren (Alla Bolla 2180 m, Grasso di Mezzo 2150 m, Grasso di Fondo 2000 m) beweisen. Jetzt kümmern noch Leggföhren- und Grün-erlenbüsche in diesem Revier der Hühner, Murmelthiere und Schneemäuse.

Es scheint unnötig, durch viele Namen und Zahlen die Existenz und Continuität dieses Bodengürtels zu beweisen; man führe auf der topografischen Karte (1 : 50000) einen Farbstift entlang der 2100 m Curve, und man wird sofort erkennen, wie an vielen Stellen des Zuges die benachbarten Niveaugurven auseinander weichen und eine Terrainböschung von oft nur 1 : 6 anzeigen, während oberhalb und unterhalb die Böschung etwa 1 : 1,5 beträgt.

Im Wald, welcher hie und da noch geschlossen die Berglehnen zu 1800 à 1900 m Meereshöhe überzieht, entdeckt man Lichtungen mit Sennhütten und erkennt unschwer dass sich dieselben auf nahezu horizontalen Linien vertheilen. Im Profil treten die Lichtungen als schmale Stufen hervor, und wo eine Stufenlinie endlich den Thalweg schneidet, darf man eine Staffel mit Wasserfällen erwarten, worauf der Thalboden sich ebnet und weitet. Viele dieser Stufen spitzen aber auch aus, senken oder heben sich und verlaufen verschränkt zwischen einander. Deshalb wird es oft schwierig unbefangen ihren Weg und Ziel zu beurtheilen, zumal wenn sie sich aus mehrfachen kleineren Stufen zusammensetzen, und weil sie ohne Ausnahme hie und da destruiert und unterbrochen sind.

Um darüber in's Klare zu kommen ob die zahlreichen Plateaustreifen zwischen 2100 und 1450 m Meereshöhe regellos zerstreut sind oder natürlichen Gruppen gleichen Niveau's angehören, habe ich die Höhenquoten von 57 hieher gehörigen Punkten des linksseitigen Thalgehänges, zwischen alle Foppe am Fuss des Nuffenpasses und Valleggio oberhalb dem früher besprochenen Vallone grande, in aufsteigender Linie geordnet, mit 1500 beginnend und 2050 m schliessend. Es stellen sich in der Reihe einige auffällige Lücken heraus, und wenn man die dazwischen fallenden Punkte zusammenfasst, so besitzen

10,7 pCt. die Mittelhöhe 2026 (2013—2040),

z. B. alle Foppe am Fuss des Nuffen 2026;
à Ross auf Alpe di Vinei 2040; Piano Petanetto,
oberhalb Daziogrande auf Alpe Chierra, 2032.

- 21,5 pCt. die Mittelhöhe 1920 (1900—1950),
z. B. Cruina im hinteren Bedrettothal 1907—1942;
Alpe Pontino und Orell oberhalb Val Cannaria 1920;
Pian Fongio 1900; Rand oberhalb Lago Ritom
1930; Alpe Foebascia oberhalb Giornico 1912.
- 3,6 pCt. die Mittelhöhe 1853 (1850—1855),
nämlich Alpe Pesciora im Bedrettothal 1850; Fieudo
westlich von Airolo 1855.
- 10,7 pCt. die Mittelhöhe 1792 (1769—1830),
z. B. Cavanna im Bedrettothal 1804; Pian delle
Volte oberhalb Ponte Tremola 1780; Canaria 1770;
Frageire (sopra) oberhalb Lavorgo 1830;
- 5,4 pCt. die Mittelhöhe 1733 (1730—1739),
nämlich Monigolo im Bedrettothal 1730, Mte Carico
(sopra) oberhalb Faudo 1739, Frageire (sotto) 1730.
- 10,7 pCt. die Mittelhöhe 1677 (1670—1681),
z. B. Ganino im Bedrettothal 1680, Motta di Dentro
unterhalb Ponte Tremola 1670, Ruten oberhalb
Madrano 1680, Boschetto oberhalb Giornico 1681.
- 9,0 pCt. die Mittelhöhe 1636 (1625—1650),
z. B. Alacqua im Bedrettothal 1630, In Valle,
zwischen Lago Ritom und Altanca 1650, Valleggio,
über Vallone grande, 1641.
- 19,6 pCt. die Mittelhöhe 1559 (1536—1581),
z. B. Prato im Bedrettothal 1571, Cima del Bosco
1570 und Stuei 1567, beide oberhalb Airolo, Mte
Carico (sotto) 1551, Angone oberhalb Lavorgo
1555, Pascoroscio oberhalb Giornico 1577.
- 8,8 pCt. der verglichenen Stellen sind zwar z. Th. sehr
ausgesprochene Stufenflächen, lassen sich aber mit
unliegenden nicht ohne Zwang zusammen gruppieren.
Sie besitzen die Höhen 1500, 1515, 1596, 1972,
1995.

Diese Zusammenstellung zeigt, dass die zwei Stufenlinien in 1920 und 1559 m mittlerer Meereshöhe weit ausgedehnt und durch viele Punkte markiert sind. Weniger gilt letzteres von den Linien in 2026, 1792, 1677, 1636 m; und nur einige gleich hohe Stufenflächen deuten die Existenz von Linien in 1853 und 1733 m an.

Auf den Einwurf, dass durch andere Gruppierungsweise derselben Punkte nahezu beliebige Stufenhorizonte combinirt werden könnten, ist zu erwidern, dass nach obiger Zusammenstellung der mittlere Verticalabstand von Stufe zu Stufe meist viel grösser ist als die grösste Höhendifferenz zwischen den zu einer und derselben Stufe gezählten Punkten. Nämlich:

Zwischen den Stufen . . .	2098 bis 2026	2026 bis 1920	1920 bis 1853	1853 bis 1792	1792 bis 1733	1733 bis 1677	1677 bis 1636	1636 bis 1559
ist mittlerer Verticalabstand .	72	106	67	61	59	56	41	77 m
Die einzelnen zur Stufe . . .	2026	1920	1853	1792	1733	1677	1636	1559
gerechneten Punkte liegen höchstens auseinander . . .	27	50	5	61	9	11	25	45 m

Auf ganz gleiche Weise wie für die linke Thalseite würde aus den Höhenquoten von 47 Verflächungen die Mittelhöhe der rechtsseitigen Stufenlinien gezogen. Von diesen Verflächungen besitzen

- 8,5 pCt. die Mittelhöhe 2026 m (2020—2032),
z. B. alle Foppe 2026, Casa dell' Ospitale im Bedrettothal 2020, Kesselrand des Laghetto im Val Chironico 2032.
- 21,3 pCt. die Mittelhöhe 1923 m (1900—1950),
z. B. Cruina 1907—1942, Folera, Villa gegenüber 1913, Alpe Ravina, oberhalb Nante 1900, Alpe Sponda im Val Chironico 1930.
- 8,5 pCt. die Mittelhöhe 1866 (1861—1874),
z. B. Paltano im Bedrettothal 1862, Plateau oberhalb Mti Chesso 1868.
- 21,3 pCt. die Mittelhöhe 1809 (1777—1830),
z. B. Stabbio grande, Villa gegenüber 1812, Casa nuova, auf Alpe Piscium über Airolo 1811, Alpe Cadonigo oberhalb Dalpe 1815, A. Gasca oberhalb Giornico 1830.
- 10,6 pCt. die Mittelhöhe 1735 (1703—1755),
z. B. Valeggia (sopra) im Bedrettothal 1754, Pian di peccia daselbst 1711, All Ambro, oberhalb Piumogna 1703.
- 8,5 pCt. die Mittelhöhe 1673 (1654—1687),
z. B. Valeggia 1685, Alpe Perno oberhalb Giornico 1687.
- 8,5 pCt. die Mittelhöhe 1638 (1630—1646),
z. B. Alpe Prato, oberhalb Piotta 1630, Alpe della Piotta oberhalb Piumogna 1646.
- 6,4 pCt. die Mittelhöhe 1563 (1555—1570),
z. B. Cassina sopra, Albinasca gegenüber 1570, Mti. Osadigo, oberhalb Giornico 1555.
- 6,4 pCt. lassen sich nicht wohl untereinander oder mit den übrigen zusammengruppiren; diese Punkte liegen meist tiefer als 1532.

Vergleichen wir nun die entsprechenden Stufen auf beiden Thalseiten, so ergibt sich:

Links:	aus	10,7	pCt.	aller	beob.	Punkte	combinirt	2026	m
	"	21,5	"	"	"	"	"	1920	"
	"	3,6	"	"	"	"	"	1853	"
	"	10,7	"	"	"	"	"	1792	"
	"	5,4	"	"	"	"	"	1733	"
	"	10,7	"	"	"	"	"	1677	"
	"	9,0	"	"	"	"	"	1636	"
	"	19,6	"	"	"	"	"	1569	"
	"	8,8	"	"	"	"	"	?	"
Rechts:	"	8,5	"	"	"	"	"	2026	"
	"	21,3	"	"	"	"	"	1923	"
	"	8,5	"	"	"	"	"	1866	"
	"	21,3	"	"	"	"	"	1809	"
	"	10,6	"	"	"	"	"	1735	"
	"	8,5	"	"	"	"	"	1673	"
	"	8,5	"	"	"	"	"	1638	"
	"	6,4	"	"	"	"	"	1563	"
	"	6,4	"	"	"	"	"	?	"

Es verlaufen also auf beiden Thalseiten in gleichen Horizonten die Stufenlinien 2026 (2026), 1920 (1923), 1733 (1735), 1677 (1673), 1636 (1638). 1559 (1563) und zwar vom innersten Thalwinkel des Bedretto bis in die untere Leventina. Warum die Horizonte der Linien 1853 und 1866, 1792 und 1809 nicht gleich wohl stimmen, ist schwer zu sagen. Bei denselben liegen vielleicht irrthümliche Beobachtungen oder Gruppenbildungen vor.

Unterhalb der Stufe 1442, von welcher wir ausgingen, lassen sich bis Biasca wenigstens noch 7 tiefere ausconstruiren. Auf ihnen liegen sämmtliche Bergkirchdörfer, zu denen die sogen. „Monti“ als Annexe gehören. Soweit letztere auch im Winter bewohnt sind, steigen sie nur ausnahmsweise über die 1450 m Stufe, auf welcher Kartoffeln und Roggen noch wohl gedeihen.¹⁾

Die tiefer liegenden Verflächungen in horizontale Stufenlinien zusammenzufassen, ist nicht ganz leicht. Einzelne flache Terrainflecken zeigen zwar ausgesprochene Strandformen; nach entsprechenden Fortsetzungen muss man aber oft lange suchen. An nicht zu steilen Lehnen verfließen diese Stufenlinien in einander, indem sie auf ausgedehnten Schichtflächen auslaufen

¹⁾ Unter besonders günstigen Verhältnissen werden im Göschenalpe und an der Furkastrasse (oberhalb Realp) Kartoffeln bis 1700 und 1730 m gebaut. In der Leventina, wo Kastanien die Kartoffeln ersetzen, wird auf den Anbau der letzteren weniger Sorgfalt verwendet.

und denselben gemeinsam weiter folgen. So scheinen sich die mit Dörfern besetzten flachen Bodenstreifen oberhalb Faido in der Thalrichtung zu senken, denn sie liegen auf Schichtflächen, welche bei nordwestlichem Streichen flach südwestlich einfallen. Verfolgt man aber die Richtung eines einzelnen Streifens scharf und ohne mit dem Auge von der Horizontalen abzufallen, so findet man heraus, dass er sich auf derselben oder auf einer höheren Schichtfläche in früherem Niveau wieder anlegt. Da wo die Stufen an Klippwände herantreten, hören sie auf; Grasbänder an den Wänden folgen zwar nicht selten Schichtablösungen, welche in Stufenlinien fallen; sie verlieren sich aber bald. Auf Klippspornen, welche zwischen 2 Schluchten hervorspringen, sind kleine Terrassen profilirt; und tiefer eingeschnittene Steilthäler lassen in ihrem Thalweg hie und da Verflächungen erkennen, welche in den Horizont anderwärts wohl ausgeprägter Stufen fallen. Derartige Erscheinungen zeigen sich an den schroffen Thalwänden von Chiggiogna bis Polmegno; besonders aber in dem vom Val Chironico, Tessin und Val Vigornesso umschlossenen Stock des Mezzogiorno, Madone grosso, Cramosino. In diesem steilen Klippland ist von fortlaufenden Stufenlinien nichts wahrzunehmen; nur einzelne Verflächungen deuten an, dass hier vergebens dieselben Zungen geleckt haben, welche in günstigerem Terrain fortlaufende Stufen glätteten.

Die richtige Construction der tieferen Stufenlinien wird noch dadurch erschwert, dass sie oft mit ehemaligen Seeböden collidiren, welche nahezu die Meereshöhe benachbarter Stufenlinien besitzen. Steilgeböschte Ufer, welche der Fluss in solche Böden tief eingeschnitten hat, bieten zusammen mit den gebliebenen Bodenstreifen ähnliche Profile, wie die an den Gehängen hinziehenden Stufen, so dass beide Erscheinungen leicht mit einander verwechselt werden können.

Nach einer früheren Zusammenstellung lassen sich von Airolo bis Faido wenigstens zwei Terrassenlinien in der Mittelhöhe 1356 ± 31 und 1198 ± 51 verfolgen. Eine auf beiden Thalgehängen bis Biasca ausgedehnte Untersuchung ergibt aber folgende:

1353 m Mittelhöhe von 19 Punkten auf dem linken Ufer; z. B. Ossasco 1331, Fläche des Valeggio-Schuttkegels bei Airolo 1380, höchstes Terrassenplateau oberhalb Madrano 1326, die Dörfer Brugnasco 1386, Altanca 1392, Ronco 1373, Lurenco 1322, Campello 1370; Sasso Poleggio 1350. Auf dem rechten Tessinufer: Stufe zwischen Nante und Stalvedro; Wiesenfläche oberhalb Dalpe 1320; bei Gribbio 1385; am Pfad von Mti Chesso nach Mti Olina 1382. Die alten Dörfer der oberen Leventina, welche weit ausgedehnte Alpweiden

besitzen, liegen sonnseitig auf diesem Gürtel; die Dörfer im Thalboden dagegen, von denen einige während 3er Monate keine Sonne sehen, scheinen erst dem Strassenverkehr ihre künstliche Entstehung zu verdanken.

1 213 m Mittelhöhe von 18 Stellen; links z. B. Fontana 1290, Albinasca 1293, Tamblina 1239, Bedrina 1290, Airole 1179¹⁾, Valle 1180, Terrasse oberhalb Madrano 1275, Deggio 1214, Catto 1244, Vigera 1215, Osco 1161, Calpiogna 1152. Auf der rechten Thalseite: Cornone 1189, Dalpe 1192—1202, Carnago im Val Cramosino 1211.

Auf der sonnseitigen Lehne gedeihen zu dieser Höhe: Obstbäume bis Airole; Buchen, Kastanien- und Nussbäume bis unterhalb der Defilée von Daziogrande. Es überrascht, starke fruchtbare Kastanienbäume von der Rampa delli alberi (unterhalb Dazioschlucht) bis nach Osco (1161 m) hinauf zu sehen, oberhalb der Schlucht aber keinen einzigen mehr; trotz der daselbst geringeren Meereshöhe des Thalweges von 950 bis 1000 m.

1 055 m Mittelhöhe von 16 Punkten; l. z. B. Quinto 1014, Rossura 1056, Calonico 1000, Cavagnago 1021, Sobrio 1095, Barnasco (zwischen Sobrio und Bodio) 1035. Auf der rechten Thalseite: Prato 1050, Piumognathal unterhalb Cornone 1100, Rastumo 1129, Rodont 1015 (beide Lavorgo gegenüber), Cavallume oberhalb Personico 1117, Carnisera, Polleggio gegenüber 1085.

Der Boden des ehemaligen oberen Leventinensees fällt mit dieser Stufe fast zusammen.

951 m Mittelhöhe von 13 Punkten; l. z. B. Mairengo 923, Primadegno 975, Anzonico (sotto) 942, Barnasco (sotto) 991, Diaganigno 961. Auf der rechten Thalseite: Faidalo, Bodio gegenüber 906, Bedrescio, Poleggio gegenüber 906.

809 m Mittelhöhe von 7 Verflächungen; l. z. B. unterhalb Chiugegno 810, oberhalb Poleggio 809. Am rechten Gehänge: Wiesen gegenüber Faido 816, Chironico 800, Ursino, Giornico schief gegenüber 815.

730 m Mittelhöhe von 6 Punkten; l. z. B. Piano Chironico 750, oberhalb Ogazzo (bei Giornico) 727, Caverio, Biasca gegenüber 730 m.

602 m Mittelhöhe von 11 Stellen; l. z. B. Lavorgo 622, Ställe am Riale Torcio oberhalb Giornico 650, Mti Erlo über

¹⁾ Die Wiesenflächen am Tessin, von denen jetzt nur noch die rechtsseitige intakt ist; der Friedhof von Airole; das Feld bei Madrano gehören nicht stricte dieser Stufe an, sondern einem etwas niedrigeren Seeboden.

Poleggio 630. Auf der rechten Thalseite: Nivo 641, San Pelligrino 546, Bedrini, Poleggio gegenüber 660.

Dieser Rand fällt fast zusammen mit dem ehemaligen Seeboden der mittleren Leventina, so dass es hier schwierig wird, ähnliche Terrainformen, die das Resultat verschiedener Ursachen sind, auseinander zu halten.

In den Höhenstufen 600 — 1000 haben Nussbäume und Bergkastanien ihr rechtes Heim (unterhalb Daziogrande). Letztere scheinen wild zu wachsen, auf unzugänglichen Rasenbändern, an den Klippwänden oder zwischen Bergsturzsclutt. Aber jeder Baum hat Besitzer, und ist nicht selten gepflanzt, oft gepfropft. Buchen soll zwar der Hauptort der mittleren Leventina (Faido = Favvyd) seinen galloceltischen Namen verdanken, doch sieht man solche nicht mehr häufig. Maulbeer wird wenig gehegt; Spalierreben werden bei Faido gezogen, alte Weinberge bei Lavordo sind aber aufgelassen worden. Der Weinbau beginnt erst unter der Biaschina bei Giornico, und zwar ebenso überraschend reich wie die Kastanienzucht unterhalb Daziogrande. Die Weinberge steigen auch sofort über den Horizont der Biaschinathalschwelle, gleichwie die Kastanien an der sonenseitigen Lehne unterhalb Dazio den Horizont des Thalweges oberhalb der Schlucht übersteigen.

Zwischen der 602 m Terrasse und dem Spiegel des Lago maggiore (297 m) lassen sich noch mehrere Stufenlinien ziehen, welche hier aber nicht weiter im Betracht kommen. Es sei nur erwähnt, dass auch die dem Kirchplatz von San Pelligrino (546) gleichhohe Passfläche des Mte Ceneri (553) zur Stufenlinie 602 gerechnet werden kann.

Am Lago maggiore hin zieht sich von Magadino bis Dirinella (Schweizergrenze) eine Strandverflächung, welcher die Gotthardbahnlinie hauptsächlich folgt, 20—30 m über dem Seespiegel. Hier ist der See zu Handen und Jedermann findet es selbstverständlich, dass einem früheren höheren Stand desselben die Verflächung ihren Ursprung verdankt. Sie ist aber geformt wie die im Vorhergehenden beschriebenen (obwohl nicht sehr scharf gezeichnet); und der Lago maggiore hat sich vormals nicht nur weit thalaufwärts ausgedehnt¹⁾, sondern er hat auch einmal mit dem Pogolf in unmittelbarem Zusammenhang gestanden. Wo hören nun die Stufenlinien auf, alte Stränder zu markieren; und wo beginnen sie die Erosionswirkung von Gebirgsbächen zu documentiren?

Bevor wir das Gebiet theoretischer Fragen betreten, dürfte

¹⁾ „Der Lago Maggiore hat wohl einst bis . . . Bellinzone hinein sich ausgedehnt.“ STÜDER, Lehrbuch der physik. Geographie und Geologie, II. pag. 267.

es nützlich sein, die verschiedenen Stufenlinien, welche sich im Vorhergehenden herausgestellt haben, nochmals zu recapitulieren. Ich gebe die direct gefundenen Mittelzahlen, obwohl deren Einer selbstverständlich ohne Bedeutung sind.

2600 -- 2900 m	Gletscherböden (Reussgebiet).	
2379 m	Mittelhöhe,	unterste Schneeflecken, Schafweiden.
2098 m	"	Alpweiden; alte Waldgrenze.
2026 m	"	" Krummholzgrenze.
1920 m	"	(1933) Alpweiden; jetzige Waldgrenze.
1853 m	"	(1866) "
1792 m	"	(1809) "
1733 m	"	(1735) " Grenze des Kartoffelbaues.
1677 m	"	(1673).
1636 m	"	(1638).
1559 m	"	(1563) Grenze des Roggenbaues, höchste Winterwohnungen (südlich vom Gotthard).
1442 m	"	(1462) Maiensessen; „Monti“ der mittleren Leventina.
1353 m	"	} Alte Dörfer des Bedretto und der oberen Leventina: Grenze des Obstbaues.
1213 m	"	
1055 m	"	
951 m	"	} Buchen, Kastanien, Nussbäume.
809 m	"	
730 m	"	
602 m	"	

Der horizontale Verlauf dieser Linien¹⁾ auf beiden Thalseiten zwingt dazu, sie a priori als das Resultat der Arbeit des Meeres auf seine Stränder zu betrachten. Das Meer sollte dann aber auch jenseits des Gotthard in gleichen Höhenstufen ähnliche Bodenformen modellirt haben. Flache Gletscherböden in 2600 à 2900 m treffen wir nicht nur auf dem vom Tunnel unterfahrenen St. Annagletscher und benachbarten kleineren (Guspis, Unteralp), sondern auch auf den grösseren: Wyttengewasser, Siedelen, Tiefen, Kehle u. a.

Als mittlere Höhe des Schneefleckgürtels im Reussthal fand ich früher 2372 ± 80 , des Alpenweidengürtels

¹⁾ Da dieselben (besonders die tieferen) ideell scheinen, weil durch Combination einzeln er gleich hoch belegener Verflächungen construirt, so könnte man den horizontalen Verlauf der Stufenlinien als auf subjectiver Anschauung beruhendes Constructionsresultat betrachten. Man versuche denn diese Verflächungen unter der Voraussetzung zu gruppieren, dass sie geeigneten Linien angehören. Sie als unzusammengehörige Einzelscheinungen zu betrachten, widerspricht ebensowohl dem generalisirenden Streben jeder Forschung, als dem Thatbestand.

2138 ± 57. Und auch tiefer finden wir im Reussthalgebiet „Böden“, welche in die für das Tessinthal aufgestellten Horizonte fallen. Z. B.

In 2026 m: Lucendro 2083; Oberkäsern 2008—2070; Ebneten Alp (Furkastrasse) 2040; Rossmettlen (oberhalb Hospenthal) 2060; Alpligenalp (Göschenenreussthal) 2010; Salbitalp (ib.) 2000; Oberblatli (Meienthal) 2055; Obere Matten (Fellithal) 2024; Klauslerli (oberhalb Schöllenen) 2014; Oberalpee 2032; Unter-Rossboden 2073; Gurschenalp (Unteralpthal) 2026; Sonnühl (ib.) 2050.

In 1920 (1923 m): Rodont, an Gotthardstrasse 1914; Hühnereggestaffel 1910; Mädernalp 1920; Unter Ebnetenalp an Furkastrasse 1950; Bratschi (Göscheneralp) 1892—1992; Rohrgrund, gegenüber Wattingen 1929; Sustlialp, Meienthal 1929; Kopf des Leggistein 1920; zwischen Oberalpee und Rüfenen 2010—1890; Tross, Unteralpthal 1912; Erdhütten im Guspisthal 1906.

In 1853 (1866): Mäteliboden, an Gotthardstrasse ca. 1830; Saum, am alten Furkaweg 1860; Bätzberg 1841; Brückwaldboden, oberhalb Göschenerwald 1810; Hinter Röthe (Göscheneralp) 1840; Tregenstaffel (oberhalb Göschenen) 1808; Mattenberg (Fellithal) 1860; Rüfenen (an Oberalpstrasse) 1848; unterhalb Rossboden 1870; Gige 1846.

In 1792 (1809): Strassenkehre oberhalb Mätteli 1781; Bört (Göscheneralpthal) 1800; Nütscheu, an Oberalpstrasse 1800; Spunn, Unteralpthal 1794.

In 1733 (1735): Staubenegg an Gotthardstrasse 1754; am Spitzberg 1680—1740; Ober Wuest, Göscheneralpthal 1743; Göscheneralp 1715; Guferplattenalp, Meienthal 1745; unterhalb Nütschen, an Oberalpstrasse 1740; Riedboden, oberhalb Göschenen 1738. (Dieser Boden und der gegenüberliegende Brückwaldboden, über dem Göschenerwald, erscheinen wie eine zusammenhängende Fläche, bis man dem Rand der 600-m tief eingeschnittenen Schöllenschlucht nahe steht).

In 1677 (1673) und 1636 (1638): Gamsboden, an Gotthardstrasse 1620.—1710; auf dem Wylerli, an Furkastrasse, 1446; Wuest 1620; Regliberg, oberhalb Göschenen 1664; Hinterfeldalp, Meienthal 1660; Sandstafel, Unteralpthal 1629.

In 1559 (1563): Oberhalb Hospenthalkehren, an Gotthardstrasse 1560; Realp 1542; oberer Absatz gegenüber Urnerloch 1530; Brückwaldboden, unten am Rand des Göschenerwaldes 1563; Riedmatt, Göscheneralpthal, 1555—1537; Rüti, oberhalb Wattingen 1548; Hundsalp, Meienthal 1537; Seewli, am Leggistein 1582; Waldialp, Fellithal 1543; Un-

ter Riedboden, Göschenen gegenüber 1582; Hölzli, Unteralp-
thal 1588; Fliess (ib.) 1545.

In 1442 (1446): Rand des Ursernthales, z. B.:

Mariahilf 1475; Hospenthal 1463; unterer Absatz Urner-
loch gegenüber 1470. (Die Andermatter Wiese 1430 à 1440
rechne ich als evidenten Seeboden nicht hierher). Färnigen,
Meienthal 1459; Röhn (Fellithal). Es ist auffällig, dass nörd-
lich vom Gotthard so wenige andere Verflächungen von Belang
in diesen Gürtel fallen.

In 1353: Kehren oberhalb Gallerie in den Schöllenen
1350; Wicki, Göscheneralpthal 1326; „an der Kapelle“ bis
Rüti im Meienthal 1320—1393. Rüti, am Leggisstein 1321;
Rüti, am Standelthal 1346.

In 1213: Göschenerreussthal oberhalb Abfrutt ca. 1215;
Meienthal oberhalb Husen, ca. 1200.

In 1055: Göschenen 1100; Rütli an der Meianschanze
1050—1080; oberhalb Gurtellen 1030—1080; Felliberg
1020—1080.

In 951: Wasen 934; Gurtellen 930; Garten, gegen-
über Wasen 974.

In 809: Frenschenberg, oberhalb Amsteg 840; Vorder-
bristen, dito 840.

In 730: Brunni, oberhalb Amsteg 728; Ried 630—750.

In 602: Reussthal bei Meitschlingen ca. 630.

Die Beispiele werden für die tieferen Stufenlinien spärlich
und sind zum Theil nicht recht schlagend, weil ich diese Zu-
sammenstellung nicht über Amsteg hinaus ausdehnen mochte;
Belege für weitere nördliche Fortsetzung dieser Linien bietet
aber z. B. die Umgegend von Goldau und Morschach.

Diese langweilige Liste von Namen und Ziffern wurde zwar
möglichst abgekürzt, ich glaubte sie aber nicht ausschliessen zu
dürfen, weil die angeführten Beispiele (von ungleichem Werth)
das Studium der ganzen Erscheinung erleichtern, und Ziffern
deutlicher als viele Worte beweisen können: dass Stufen-
linien nördlich vom Gotthard in denselben Hori-
zonten und mit denselben Intervallen wiederkehren,
wie im Tessinthal¹⁾. Dadurch ist angezeigt, dass die
Gotthardalpen, hauptsächlich in ihrer jetzigen Form, erst nach
der Pliocenzeit staccato über den Meeresspiegel traten: die
Strandflächen markiren Pausen oder Verzögerungen in der auf-
steigenden Bewegung.

Abweichungen in Höhenlage, Ausdehnung und Dentlichkeit

¹⁾ Auch aus dem Maggiathal könnte ich schlagende Beispiele von
Bodenverflächungen beibringen, welche in die gleichen Horizonte fallen
wie jene des Tessin- und Reussthal.

der entsprechenden Strandlinien (N. und S. vom Gotthard) kommen vor, wie dies auch der Fall ist hinsichtlich der einzelnen Verflächungen, welche in je einen Strandhorizont zusammengefasst wurden. Es giebt vielerlei natürliche Ursachen für solche Abweichungen; die hauptsächlichste derselben, nämlich ungleiches Maass der Vertikalbewegung einer über tausend Quadratkilometer umfassenden Fläche, hätte sogar noch viel grössere Abweichungen erwarten lassen. Man könnte deshalb auf die älteste und neueste Anschauungsweise zurückkommen, dass nicht der Boden sich gehoben, sondern das Meer sich gesenkt hat; falls nicht zahllose, je kleine, Verwerfungen an lertigen Klüften im Inneren des Gotthardmassives Bewegungen verriethen, die einer neuen Zeit angehören und mit der ruckweisen Hebung des Gebirges ungezwungen in Zusammenhang gebracht werden können.

In Vorgehenden sind schon einige charakteristische Züge des Profiles und Verlaufes unserer Strandlinien hervorgehoben worden, und ich glaube von eingehender topographischer Schilderung derselben um so mehr absehen zu dürfen, als die „Braneberger Stufe“ in geologischen Lehrbüchern abgebildet ist und als auf den Landschaften in RÜTIMAYER's herrlicher Schilderung des „Rigi“ viele hieher gehörige Formen markirt sind. RÜTIMAYER nennt sie „Bergschultern“, welche „Perioden in der Geschichte der Eiszeit andeuten.“ A. HEIM schreibt solche Thalprofile der Erosion fliessenden Wassers zu; und STÜDER erklärt wenigstens die tieferen „Fluthlinien“ über dem Genfersee, bei Beatenberg (ca. 1000' über Thunersee), die „Fuchslöcher“ bei Lauterbrunnen u. s. w. durch den Wellenschlag von Seen, wie schon der treffende von ihm gewählte Name besagt. Auch die „Parallelroads“ in Irland und Schottland, z. B. über Glen Roy und Glen Gloy (972 à 1278' über dem Meeresspiegel) werden als Werk des Meeres oder aufgedämmter Landseen betrachtet; und die nordwärts sich senkenden „Terrassenlinien“ im oberen Mississippigebiet als Wasserstandsmarken eines ehemaligen nördlichen Meeres.

KJERULF's bündige Beschreibung ¹⁾ der Ilsvikenstrandlinie, Trondhjem gegenüber, passt auch auf unsere Linien, führt aber unmittelbar an das Meer, an die Ursache der Erscheinung. In den Alpen ist nur das Resultat der Meeresarbeit geblieben; das Meer in unsichtbare Ferne zurückgedrängt und wohl deshalb seine Thätigkeit vergessen.

DÉSOR fasste unter dem Namen „Moränenlandschaft“ die Summe vieler topographischer Eigenthümlichkeiten zusammen,

¹⁾ In Sammlung gemein verständlicher wissenschaftlicher Vorträge von R. VIRCHOW und F. v. HOLZENDORFF; 1880; pag. 352 und 353

welche die Ablagerungen ehemaliger Gletscher charakterisiren. Es würde oft schwierig sein diese Eigenthümlichkeiten fasslich zu beschreiben; hat man sich aber dieselben durch Anschauung eingepägt, so erkennt man sie wieder, wo es auch sei. Ganz ähnlich verhält es sich mit den Terrainformen, welche das Meer an seinen Küsten ausmodellirt. Wer sich mit ihren Einzelheiten und ihrem Totalbild unter recht verschiedenen Verhältnissen vertraut gemacht hat, erkennt sie wieder — selbst wenn das Meer weggezogen ist. Der Kürze wegen habe ich mir erlaubt die ganze Erscheinung solcher Terrainformen Strandbilder zu nennen.

Obwohl ich die erwähnte Ilsvikenlinie schon im August 1864 „gesehen“ und als Strandlinie gezeichnet habe, also lange bevor sie durch H. MOHN u. R. LEBMANN bekannt und in Dansk illustreret Tidende vom 9. Dezember 1866 zufälligerweise abgebildet wurde, so verweise ich doch auf KJERULF's Bild derselben, weil es besser ist als meine Skizze, und theile in Fig. 3 Taf. III. die Skizze einer anderen Strandlinie aus der Trondhjemgegend mit; SW. von der Stadt, an der Kunststrasse gen Ust. Von da übersieht mau auch die zahlreichen Terrassen (siehe unten) am Nidelf, bis über die Lerfossarne hinaus. Die landschaftlichen Umriss der letzteren in meinem Notizbuch sind aber weniger aufklärend als KJERULF's schematische Skizze, weshalb ich letztere in Fig. 4 reproducire. Fig. 5 zeigt Strandbilder am Fongio, nach einer Photographie vom Fenster über meiner Wohnung in Airola. Fig. 6 endlich die rohen Umriss einer Strandterrasse unmittelbar hinter Gribbio, gesehen von einem tieferen Terrassenplateau, auf welchem die Dorfkapelle steht. Die ähnlichen Züge dieser verschiedenen Strandbilder lassen sich leicht herausfinden.

An Flachküsten arbeitet das Meer bald abtragend (Murazzi der Lidi von Venedig, Chioggia, Torcello; vielerorts an der Nordsee), — bald auftragend (Sandbänke, Verlandungen, Barren, Nehrungen, Watten, Küstenwälle und drgl.; z. B. vor den Lagunen an der Küste von Texas und dem nördlichen Mexiko); — hiermit brauchen wir uns zunächst nicht zu befassen.

Wirkt dagegen auf eine Steilküste das ebbende, fluthende und brandende Meer, z. B. zwischen den Niveaugrenzen h und h^1 (Fig. 7), so erzeugt es einen Steilrand a oberhalb Hochwasserlinie; eine flach geneigte Strandfläche (Gestade, Vorland, beach, surf (mutatis mutandis an amerikanischen Seebädern) oere, plage — je nach Ausdehnung und Nebenverhältnissen) b zwischen Hochwasser- und Tiefwasserlinie; eine Uferschwelle c unter letzterer. a , b , c bilden das Profil einer Strandlinie.

Die Böschung von b schwankt meist zwischen 5 und 10°,

kann in ganz feinem Sand und Schlick auf $0 - \frac{1}{2}^\circ$ sinken, in Steinen und groben Geröllen bis 25° steigen. Die natürliche Böschung von a beträgt in Schutt gegen 35° , kann in Felsklippen ausnahmsweise 90° erreichen, sinkt in Sand auf 25° und weniger. Die Uferschwelle c schliesst sich durch eine Abrundung der Strandfläche an; ihre Böschung wird in der Tiefe steiler; beträgt $22 - 35^\circ$; soll (nach DARWIN) in Kalksand vor den Küsten von Koralleninseln auf 45° steigen können.

Mit Beibehaltung seines Charakters kann das Strandprofil unendlich viele individuelle Züge annehmen: je nachdem die Küste steiler oder flacher geböschet ist; je nach dem natürlichen Böschungswinkel (talus d'entraînement), unter welchem das Material noch steht; je nach seiner Widerstandsfähigkeit (Festigkeit, Verklüftung, Schichtung). Ferner: je nach der Differenz zwischen Hochwasser- und Tiefwasserstand und je nach dem lokalen Seegang ¹⁾. Endlich: je nach der Dauer der Meeresarbeit in einem gewissen Niveau, und je nachdem sich letzteres gleichzeitig (relativ) ändert, allwählig oder ruckweise.

Dies sind 7 Bedingungen, welche bei der Bildung von Strandlinien mehr oder weniger zur Geltung kommen. Ziehen wir nur den Maximal- und Minimalbetrag einer jeden in Betracht, so resultiren 128 verschiedene Combinationen — und ungefähr ebenso viele verschiedene Typen von Strandlinien, mit unendlich vielen Uebergängen. Wir wollen diese Typen weder beschreiben noch ihre Entstehungsweise verfolgen; nur ein paar Beispiele anführen.

An Klippküsten aus festem geschlossenem Gestein zerschellt selbst die heftigste Brandung ohne absehwerthen Denuationseffekt; abgerundete flache Klippen ohne hervorragende Angriffspunkte widerstehen am besten. Die Küsten von Cornwallis, Norwegen, Schweden bieten hierfür zahlreiche Beispiele: niedrige Schären haben weder Rundhöckerform noch Gletscherschrammen eingebüsst, obwohl sie seit Jahrhunderten von der Brandung überspült werden; an geschlossenen Steilklippenflächen der norwegischen Fjorde nimmt man im Bereich des

¹⁾ An Küsten mit deutlichen Gezeiten schwankt Ebbe und Fluth zwischen 1 und 70'. Die grösste Wellenhöhe in offener See beträgt 30 — 40', ausnahmsweise 100'; Sturzseen von Brandungen (Brecher, breakers, brisans, bränningar, surf, ressacs) können 135 — 150' erreichen. (EDDYSTONE). Tiefe der Wellen in offener See 180 — 600'; an Gestaden stets Unterstrom nach aussen. — STEPHENSON rechnete 30000 Kilo pr m² als Maximaldruck von Sturzwellen gegen Skerryvorfels-Leuchthurm auf den Hebriden; 18000 Kilo gegen Bellrock Leuchthurm. Steine von 30 Kfs werden von Brandungen hunderte Ellen weit geschleudert.

Fluthenwechsels wohl helle Bänder wahr, aber oft keine Spur von Nagung. Wir dürfen uns also nicht wundern, dass in den steilen geschlossenen Gebirgsklippen des Cramosino zwischen Val Chironico und Tessinthal so wenig von Strandverflüchungen und Fluthlinien zu sehen ist.

Sind steile Küstenklippen aus festem Gestein verklüftet, so reisst die Brandung einzelne Blöcke heraus und kann schliesslich Höhlen erzeugen, die nach innen und oben gewöhnlich spitz zulaufen, von Kluft- und Schichtflächen begrenzt, ohne merkliche Scheuerspuren. Die Fingalsgrotte, Mackinnon und Lydsten mögen als Beispiel dienen, oder die vom Wetter am Fuss des Omberg's ausgehagten Anuddegrotten. Die Höhlen des Torghat (350—400' über Nordsee) werden als Marken ehemaliger Fluthhorizonte beschrieben; und von den vielen Felshöhlen und Löchern, welche auch im Gotthardgebiet vorkommen, dürften wenigstens einige in diese Categorie zu zählen sein. Im unteren Voreinschnitt des Leggisteintunnels (Reusathal) wurde ca. 900 m über dem Meeresspiegel eine Höhlung aufgeschlossen (und weggesprengt), welche der lokalen Schieferung des Gneissgranites (OW. 1—47 N.) folgte und etwa 10 m grösste Höhe, 2 m Weite, 3 m Tiefe besass. Ihr Hangendes war schwarzbraun, wie berust; ihr Inneres mit ganz feinem, undeutlich horizontal geschichtetem, nicht verwaschenem Gletschermehl gefüllt; die äussere polirte und geschrammte Klippwandung von grobem Sand und verwaschenem Schutt bedeckt. Diese Höhle liegt ungefähr im Horizont der 951 m Stufe des Tessinthales; sie muss vor der Eiszeit vorhanden gewesen sein, weil sie erst in dieser mit Gletschermehl gefüllt werden konnte, welches nachmaliger Verwaschung entging. (Von den Andeutungen, welche der Russ giebt, wollen wir absehen.)

Etwa 6150 m vom Nordportal des Gotthardtunnels liegt westlich von der Tunnellinie in 2260 m Meereshöhe ca. 15 m über dem ehemaligen zweit-obersten Boden des St. Annagletschers im Glimmergneiss eine von schwebenden Klüften begrenzte Höhle, 2—3 m tief, $\frac{1}{2}$ —1 m hoch, 2 m weit; ohne Schrammen, welche dagegen auf benachbarten Klippwandungen nicht fehlen. Diese Höhle fällt in keine der oben ermittelten Stufenlinien. Im Horizont der 2379 m Fluthlinie liegt dagegen eine 15 m hohe, 5 m tiefe, seitlich ohne scharfe Grenzen auslaufende Höhlung in der Tunnellinie; 6220 m v. N. P., 2360—70 m über dem Meeresspiegel. Sie ist im Glimmergneiss ausgehagt, unter einem Dach von zähem Hornblendegestein. Links vom Weg zwischen In Valle und Lago Ritou trifft man im Busch eine von Klüften begrenzte, keilförmig auslaufende, etwa 3 m tiefe Höhle in felsitischem Glimmerschiefer;

1830 m über dem Meeresspiegel; also nahezu im Horizont der 1853 m Strandlinien. Seitlich vom oberen Pfad zwischen Faido und Gribbio ist in der Streichrichtung des schwebend bergwärts einfallenden Glimmerschiefers eine Nische ausgehauert, welche sich 20—30 m weit an der steilen Klippwand hinzieht, 3—4 m tief, vorne bis 5 m hoch; ca. 1350 m über dem Meeresspiegel, also im Horizont der 1353 m Linien.

Schmalen Bändern, welche geneigt entlang festen Klippwänden ziehen, folgt die Brandung wie schiefen Ebenen und erweitert sie ohne zusammenhängende horizontale Fluthlinien an der Klippwand zu erzeugen. Dadurch entstehen zwischen Hochwasser- und Tiefwasserstand unzusammenhängende Reihen Gestadeflecken. An den Küsten des nördlichen Wales und auf Anglesea (Southstack) kann man diesen Vorgang beobachten, an den steilen Klippwänden der unteren Leventina sein Resultat: eine Menge nach oben und unten spitz auslaufender, schiefer Rasenbänder, aber keine kontinuierliche Fluthlinien dazwischen.

An Felsküsten, deren Schichten flach dem Meer zufallen, nagt die aufsteigende Brandung nur wenig und das allmählig oder ruckweise sich hebende Land trägt keine oder undeutliche Spuren seiner ehemaligen successiven Stränder. Solche sucht man auch vergebens auf den flach nordwestlich gegen Lago Ritom einfallenden Gneisschichten, während sie auf den von Schichtenstössen und Schichtenköpfen begrenzten Thalseiten zwischen Ritom und Tom, Tom und Cadagno, Cadagno und Ritom deutlich genug hervortreten. Wie schon an einer anderen Stelle angemerkt wurde, senken sich aus gleichem Grund auf dem linken Tessinthalgehänge von Faido nach Biasca hin die Verflachungen (über Hor. 1000) thalabwärts und verfließen in einander, obwohl sie je verschiedenen Niveau's angehören. Auf dem rechten Tessinufer folgt der Pfad von Faido nach Dalpe anfangs einer solchen schiefen Strandfläche, welche 200—300 m breit ist und auf eine Länge von $1\frac{1}{2}$ km gleichmässig 150 m abfällt.

An Steilküsten aus Gesteinen, welche wegen geringer Festigkeit oder starker Verklüftung oder der Unterwaschung günstigen Schichtenbaues leicht denudirt werden, erzeugen Brandung, Ebbe und Fluth fast stets Vorländer verschiedener Böschung und Breite; bald schmale Halden aus abgestürzten Blöcken und Steinen, welche einen Schutzwall gegen weiteren Angriff der Wogen bilden können (Fuss des Königsstuhles, Stubbenkammer u. a. „Hövde“ und „Pehrde“ Rügen's aus schwebenden Kreideschichten mit Flintknollenschnüren in $1-1\frac{1}{2}$ Ellen Abstand. Letztere sammeln sich am Fuss der benagten Klippen und bilden gleichsam einen schützenden Mantel), bald

flache breite (flatstrand beached, beachy) Gestade. Als Beispiel für letztere kann man z. B. die „Beach“ zwischen den Downs und dem Meeressaum bei Brighton rechnen ¹⁾; ferner die bei 1 Kil. breite, flache „plage“ von Sangatt zwischen Grisez und Calais; auch das Helgoländer Unterland. Zur Ebbezeit kommt auf der Westküste dieser Insel ein 100 m breiter Felsgrund vor den schroffen Klippwänden unter dem Wasser zum Vorschein, und ein viertelfadentiefer flacher Sandgrund umzieht etwa 50 m breit die anderen Seiten der Insel. Würde dieselbe um 1—2 Faden gehoben, so erschienen Strandprofile ²⁾, mit denen viele des Gotthardgebietes sich vergleichen lassen; z. B. die vom Canariathal unterbrochenen Böden der Alpen di Lago, Stabiello, Orell, Pontino; der von den Schöllenen durchschnittene Kiedboden und Brückwaldboden oberhalb Göschenen; die schon mehrfach erwähnten Wiesen von Mti Chesso und die gegenüberliegenden von Cò etc.

Ursprünglich breite und flache Buchten sind für auffällige Strandlinienbildung kein günstiges Terrain, nicht einmal wenn die Hebung des Landes ruckweise erfolgt. Sie hinterlassen flach geneigte hügelige nach vorn offene Böden, welche ohne charakteristische Profiländerungen je mehr Strandhorizonte in sich fassen können.

Solche unbestimmt begrenzte und gegliederte Böden sind sehr häufige aber schwache Beispiele für die Strandlinientheorie. Auf dem rechten Tessinufer gehören hieher die Alpen Piscium, Ravina, die Muldungen von Prato (Dorf) und Dalpe, jene oberhalb Gribbio. Auf dem linken die Einbuchtung zwischen Piano della Ruina und Alpe Pontino (oberhalb Val Canaria), die Wiesen von Altanca hinab zum Tessin, die Alpen und Maiensessen oberhalb Ronco, Deggio, Catto; Alpe Chierra u. a. In vielen Fällen mögen Denudation und Ablagerung die jetzige Bodenform solcher Buchten gemeinsam bestimmt haben;

¹⁾ Nahe westlich von Brighton lagert weisses Flintconglomerat auf loser Kreide, welche zur Ebbezeit sichtbar, von Fluth und Brandung weggewaschen wird. Die Flintknollen des abbrechenden Conglomerates sind ein Spiel der Wogen und umgeben den Klippfuss als flach geböschte Decke. In der aus Sand und feinerem Gerölle bestehenden Beach bezeichnet ein scharfer Absatz die letzte Springfluth; kleinere Absätze draussen vor — spätere niedrigere Fluthen; ein breiter, von Seegethien wimmelnder, Tanggürtel das letzte Hochwasser. Die verschiedenen übereinander liegenden niederen Wasserstandlinien verlaufen nicht etwa continuirlich in gleichen Horizonten, sondern sie setzen ab, liegen verschränkt und fingerartig in einander greifend, offenbar weil sie je einem periodisch wiederkehrenden Wogenswall von begrenzter Länge ihren Ursprung verdanken.

²⁾ An der Südostseite der Helgoländer Düne liegen mehrere sehr deutliche Strandlinien übereinander.

ungefähr wie sie zusammen jetzt vor der südlichen norwegischen Küste „Oeren“ bilden, aus denen die meisten Strandterrassen ausmodellirt sind.

Eine sehr auffällige Bodenform haben ehemalige Buchten hinterlassen, welche vorne durch Bänke, Barren, Nehrungen, Schärenzügel und dgl. ganz oder zum Theil geschlossen waren: flache Becken, im Hintergrund von Bergen eingefasst, thalwärts offen und nur durch einen eingekerbten Wall abgedämmt. Die Einschnitte sind theilweise, aber erst nachträglich, durch rinnendes Wasser ausgearbeitet; überhaupt ist diese ganze Bodenform eine zusammengesetzte, denn nach dem Rückzug des Meeres blieb hinter der Barre meist ein See, dessen Boden wir nun vor uns haben. Hübsche hierher gehörige Beispiele bieten der von der Calcaccia durchflossene Boden von Alpe Prato (1630 m), Campolungo (2091 m), beide am rechten Tessinthalgehänge; das bekannte Tremolaplateau (1525. Strassenbrücke 1536 m) zwischen Cima del Bosco, Motta di Dentro, Cassina am linken. Der von Airolo aus an seinem Kreuz erkennbare gleichförmig abgerundete Hügel von Cima del Bosco (1545 m), auf welchem die Franzosen dem Gotthard stürmenden Suworow den ersten Widerstand leisteten, schliesst es in der Mitte; westlich von demselben hat die Tremola ihren Ausweg gegraben; östlich sammelt sich der Chiessobach in einer quellreichen Einmündung, fast gleich hoch mit dem Tremolaplateau; denn durch das Chiessobett wurde die Tremola abgeleitet und zu den Tunnelinstallationen geführt. Das Ursernthal und ähnliche Mulden könnte man in gewisser Beziehung gleichfalls hierher rechnen; und flache Beckenböden, deren Mitte immer noch kleine Seen einnehmen, sind sehr häufig, gehören aber freilich nicht alle in diese Kategorie; am wenigsten die hochgelegenen Kesselthäler und Kahre mit ihren Seeaugen. Gute Beispiele sind dagegen:

Alpe di Lago (2018) und Stabiello (2149), beide über dem Canariathal; Lago Tom (2023), Cadagno (1921) und Ritom (1829), im Piorathal. (Der See von Alpe di Lago und der Tom besitzen unterirdische Abflüsse, durch Dolomitwälle, welche sie gegen die Thalseite absperren).

Von den jetzigen Seeküsten bieten die Schärenzügel Skandinaviens mannichfache Belege, wie durch Hebung des Landes in historischer Zeit Buchten zu Landseen, Mooren oder trockenen Niederungen wurden, welche Hügelriegel vom Wasser trennen; und wenn die Küste von Texas, zwischen Matagorda und Riograndemündung, nur wenige Fuss emporstiege, so würde die Lagune, zwischen deren „Shellbanks“ nur $3\frac{1}{2}$ tiefe Jachten fortkommen, als flacher vielfach ausgelappter, vom Golf durch einen höchstens 50—100' hohen Hügelzügel

getrennter Boden erscheinen. Die Hügel tauchen jetzt als Inseln (Mustang, San Joë u. a.) zwischen den zahlreichen Durchfahrten oder „Passos“ auf. Der Hintergrund dieser Texaslandschaft ist allerdings nichts weniger als alpin.

Der beschriebenen Küstenconfiguration schliesst sich eine andere unmittelbar an: flache Böden am Gehänge mit auf der Thalseite vorliegenden Hügeln oder Klippen. Man kann sich leicht vorstellen, wie letztere als einzelne Schären oder Reihen solcher der Küste entlang aus einem Meer auftauchen, welches die Böden gerade noch überspülte. Beispiele: die Hügel vor Madirolo (1324) und Rosette (1300) bei Airolo, die Anschwellung zwischen dem Plateau von Nante und dem Thalgehänge des Tessin, die Klippen vor Giof (1405)¹⁾, der Bergkopf O.N.O. von Gribbio (1490), die Klippköpfe am Pfad von Gribbio nach Mti Chesso und von da nach Mti Doro, welche den Wiesenboden gegen den schroffen Klippabsturz abtönen (1589, 1560). Zwischen Altanca und Ronco zeigt der Sporn, welcher auf dem linken Fossa-Ufer gegen den Pfad herantritt, ein sägiges, vom fluthenden Wasser abgerundetes Profil; hier würden aus einem Meeresspiegel in 1470 m vor schmalem Vorgebirge einzelne Schären auftauchen; u. s. f.

Zum Schluss sei noch einer Denudationsform durch das Meer gedacht, welche z. B. viele Schildkröteninseln (Tortugas-Cáyo) an der Küste von Florida besitzen, und welche G. vom RATH sehr hübsch von der phöniciſchen Küste bei Tyrus schildert²⁾: „das brandende Meer ebnet die Küstenfelsen allmählig zu bankförmigen Gestalten, deren Tafelfläche fast genau im Niveau des Meeres liegt. Die auffallend horizontale Scheitelfläche jener Riffe könnte zu dem Glauben verleiten, dass dieselbe der Schichtenfläche entspreche. Dies ist indess gewöhnlich nicht der Fall. Die Schichten des oft tuffähnlichen sandigen Kalksteins besitzen eine wenn auch meist nur geringe Neigung. Die ewig rollenden Wogen sind es, welche in langsamer aber sicherer Arbeit die Felsmassen im Niveau des Meeres abschneiden und ebenen.“

Am Gotthard bezeichnet man mit „Scara“ schildförmige Bergplateaus, deren Oberfläche, im Meeresniveau gedacht, solchen Tafelriffen ähnelt. Z. B. Scara dei Ovi (2100) zwischen Gotthardstrasse bei der Sellabrücke und Val Antonio, Scara Orell (2220—2240) östlich von da; ferner Pian alto (2190—2250) und Fongio (2200), beide zwischen Airolo und Piora, der flache Buckel zwischen Lago Tom und Ritom (2100) u. a.

¹⁾ Durch die Einsenkung bei Nante und Giof streicht die im I. Cap. besprochene Antiklinale der oberen Leventina.

²⁾ In „Palästina und Libanon“ pag. 29, 30.

Oefters sind solche Schildplateaus nicht isolirt, sondern sie treten wie flach gewölbte Landzungen aus dem Berggehänge hervor. So Alpe di Fieudo (1855), westlich von Airolo; die beiden 1930 und 1950 m hohen Bergzipfel, zwischen welchen der Lago Ritom abfließt; der giebelförmige Sporn, welcher sich in 1890—1920 m Meereshöhe vom Fongio 600 m lang und 100 m breit westwärts erstreckt, mit einer Böschung von etwa 1:20; das dreikantige Plateau des Pettanetto an der Alpe Chierra, welches in 2010—2020 m Meereshöhe von einer 1300 m breiten Basis 600 m weit in's Thal hinausragt. Piano della Ruina, NNO. von Airolo 2040—2070 m ü. M.

Ganz ähnliche Formen zeigen manche alte, unter Wasserflächen abgesetzte, deltaartige Schuttkegel, z. B. der des Valleggio bei Airolo; doch gehören solche zu einer anderen Kategorie von Strandgebilden.

Den durch Strömung und Wogenschwall nivellirten Riffen und Bänken schliessen sich die breiten abgerundeten Pässe an, welche einst als Sunde vom Meer durchfluthet wurden. Wir rechnen hierher nicht Gratlücken, z. B. Alpliegen 2778 m, Cavanna 2611, Lucendro 2539, Sella 2700, Unteralp 2530, Bocca Cadlimo 2575 u. a., sondern die Kuhpassagen: Gries ca. 2475 m, Nuffenen 2440, Giacomo 2308, Naret 2443, Furka 2436 (Felli 2490, Sasella 2346), Campolungo. 2324, Columbo 2375, Predelp 2454: — Mittelhöhe 2409 m, 30 m höher als die Stufenlinie 2379. Ferner Gotthard 2112 m, Oberalp 2052, Tiarms 2154, del Uomo 2212, Fongio(pass) 2121, (Laghetto 2109), Cadonighino 2146: — Mittelhöhe 2129 m, 31 m höher als die Stufenlinie 2098 m. Dies sind 2 Gruppen von Pässen, welche sich zwei wohl markirten Gruppen von Flinthlinien anschliessen, und merkwürdigerweise je gleich hoch (ca. 30 m) über letzteren liegen! Das Auffällige würde verschwinden, wenn im ganzen Gebiet noch andere Hochpässe existirten als die nach obiger Charakteristik hier zusammengestellten (Gratlücken und Gemswechsel sind ausgeschlossen). Man muss sich vorstellen, dass das Meer durch die Einkerbungen im Gebirgsrücken, welche fast in Niveau mit seinem jemaligen Spiegel lagen, um so gewaltsamer fluthete, als die auf beiden Seiten verschiedenen Gezeiten starke Strömungen durch die Sunde hervorriefen. Deshalb wurden solche Einkerbungen rascher erweitert, vertieft und gerundet als die entsprechenden Langstrandlinien, und ihre Ausbildung setzt nicht einmal Pausen in der langsamen Hebung des Landes voraus. Sie waren wesentlich fertig als die nächste Pause in der Hebung eintrat; und wenn während der Pause Fluth und Brandung den Tiefwasserstand um 30 m überstieg, so wird

erklärlich, warum diese Passrücken um so viel die nächst tiefere Fluthlinie überragen. ¹⁾

Im Vorhergehenden wollte ich durch den Vergleich neuer und alter muthmasslicher Strandbildungen zeigen, wie sich die mannichfach wechselnden Formen der letzteren unter unseren Augen an ersteren entwickeln; und dass die Entstehungsweise bei beiden sowohl ein ununterbrochenes Fortlaufen, an der ganzen jezeitigen Küstenstrecke hin, als stereotype Formen ausschliesst. Unterbrechungen und verschwommene Formen der alten Stränder sind also z. Th. schon in ihrer Bildungsweise begründet; z. Th. sind sie aber die Folge späterer Deformationen, denn das jetzige Gebirge ist nur die vielfach geschleifte Ruine des dem Meer entstiegeneu, an welchem Verwitterung, Gletscher, fließende Wasser vieles demolirten und wenig anbauten.

Wenn wir annehmen, dass die Gletscher unmittelbar nach dem Meer das Gebirge zu bearbeiten anfangen, so können wir ersteren nicht die Entstehung derselben „Bergschultern“ zuschreiben, welche wir als „Fluthlinien“ des letzteren entstehen sahen. Nec post hoc, nec propter hoc!

RÜTIMEYER betont mit Recht, dass gerade an den Bergschultern die Gletscher am auffälligsten gearbeitet haben. Es ist mir aber nicht klar, wie sie selbige geschaffen haben könnten.

Ein aufgestauter Gletscher, welcher sich durch einen Engpass zwingt, schrammt dessen Wände mit fast horizontal verlaufenden Furchen (sehr hübsch sieht man dies z. B. im Göschener Reussthal, zwischen St. Nicolauskapelle und Brindlistaffel); ein in breitem Bett langsam fließender Gletscher greift aber seine Ufer so gut wie gar nicht an, ist sogar von denselben oft durch breite Spalten getrennt. Die Bergschultern breiter Thäler können also nicht wohl alte Gletscherufer sein, eher die seitlichen Ueberbleibsel nachmals tiefer eingeschnittener Gletscherbetten; sie setzen dann freilich Querprofile der Eisströme voraus, welche sich mit deren Bewegungsverhältnissen nicht wohl zusammenreimen lassen. Das Hauptargument gegen die Erklärung der Stufen durch Gletscher liegt aber darin, dass die jetzigen Gletscher selbst über

¹⁾ Die (Schweizer) Alpenpassstrassen culminiren in folgenden Meereshöhen: Simplon 2010, Gotthard 2112, Splügen 2117, Bernhardin 2067, Oberalp 2052, Ofenberg 2148, Grimsel 2204, Kl. Bernhar 2197 m; Mittelhöhe 2114 m. Und: Julier 2287, Septimer 2311, Albula 2313, Flüela 2392, Bernina 2329, Furka 2430, Gr. Bernhard 2472 m; Mittelhöhe 2362 m. Sie fallen also sämmtlich in unsere Stufenlinien 2098 und 2379!

Stufen fließen, welche den Mittelhorizonten der Thalstufenlinien angehören.

Der Val Cornogletscher (Gries) besitzt einen kilometerbreiten Boden in 2475—2460 m Meereshöhe, auf welchem sich der Eisstrom aus SN. in WO. dreht; auf dem Gornergletscher liegt ein Querboden in 2400—2430 m; auf dem Kehlegletscher ein solcher in 2470, ein zweiter in 2190 bis 2210 m; auf dem Wintergletscher in 2130—2240 m u. s. w. Diese Liste liesse sich selbst mit Beispielen aus dem gletscherarmen Gotthardgebiet noch erweitern, durch Hinzuziehen von Böden, welche erst in neuerer Zeit eisfrei geworden sind.

Die wenigen Zahlen zeigen aber zur Genüge, dass auch unter den jetzigen Gletschern Verflächungen vorkommen, welche in die Fluthlinienhorizonte 2379 und 2098 fallen, sobald man eine mässige Eisdicke (etwa 72 resp. 95 m) in Anrechnung bringt. Sofern die Bergschultern „Perioden in der Geschichte der Eiszeit andeuten“, scheint es unbegreiflich, dass die jetzigen Gletscher ihre Betten nur zu den gleichen Horizonten abgetragen haben, wie ihre längst verschwundenen Thalströme, obwohl sie Jahrtausende länger darin arbeiteten als letztere.

Die oben citirten Verflächungen liegen theils quer über die Gletscherströme, theils entlang denselben (Corno, Wahlenbühlfirn im Voralpthal quer vor dem Brunnenfirn): trotz wesentlich verschiedener hydrodynamischer Bedingungen hätten also die Gletscher dennoch dieselben Terrainformen immer in gleichen Höhenintervallen hervorgebracht.

Ich glaube, dass Gletscher die Strandbildungen vielfach modificirt haben, indem sie lose Klippen wegführten; feste abrundeten und polirten; manche Strandprofile mit Moränenschutt zudeckten; — kann mich aber nicht in die Anschauung finden, dass Gletscher die Stufenlinien erzeugten. Ueberhaupt will es scheinen, dass Gletscher grosse lose Massen forttransportiren können, ohne ihr Felsbett durch Ausschleifen wesentlich zu vertiefen: sie runden und poliren die vorgegebenen rohgeformten Klippen, gleich dem Kunstschreiner, welcher aus dem knorrigen Eichbaum auch nicht ohne weiteres mit dem Hobel Betten herstellt.

Mehr noch als Gletschereis hat rinnendes Wasser die Strandformen entstellt; durch Mulden, Runsen, Schluchten und andere überquerende Einschlitzungen einerseits, durch Ueberschüttungen andererseits. Einige Gründe gegen die Annahme, dass die Stufenlinien durch rinnendes Wasser entstanden seien, habe ich im Text zum geologischen Gotthardprofil (pag. 12) angeführt; die triftigsten Einwände gegen das geologische Princip der Thalbildung durch Ströme findet man

aber in **STUBER'S** *Physikalischer Geographie und Geologie*, II. Bd. pag. 271 u. 360. Man könnte hinzufügen, dass zwischen den durch rinnendes Wasser einerseits, und durch wogendes andererseits, erzeugten Erosionsformen derselbe fundamentale Unterschied besteht, wie zwischen verticalen und horizontalen Linien. Der Bach durchfurcht die horizontalen Flächen, welche das Meer seinem Strand entlang planirte; das Meer ebnet, was der Bach aufschlitzte und zerwühlte. (Von den Alluvionen und den von ihnen übrig gebliebenen Terrassen ist hier nicht die Rede.)

Alle diese Einwände gegen die Erklärung der Stufenlinien durch Gletscher oder durch Wasserströme werden aber untergeordnete, wenn man daran festhält, dass:

1. die Hauptglieder grösserer Thalsysteme durch den Gebirgsbau schon gegeben waren, ehe noch irgend welche Erosion ihre Thätigkeit beginnen konnte (cfr. Cap. I.);

2. die Stufenlinien viele Meilen weit horizontal und gleich hoch übereinander verlaufen, sowohl auf beiden Seiten desselben Thales als des wasserscheidenden Gebirges.

Auf dem Mond ist Berg und Thal; auf dem Meeresgrund desgleichen; warum sollten unsere Continente spiegelglatt aus dem Meer aufgetaucht sein? Keine Schlackenmasse erstarrt ohne Runzeln auf der Oberfläche, kein Schlamm lager trocknet ohne Risse; keine Stauung, Faltung, Verwerfung, Aufrichtung der Erdkruste ist denkbar ohne die Entstehung von Unebenheiten. Erst die Existenz solcher gestattete locale Ansammlung von Wasser; Ueberfluthen desselben von höheren nach tieferen Bassins schaffte Rinnen, da wo Schichtenstellung, Verklüftung, Zerrüttung des Gebirges etc. den geringsten Widerstand bedingten. So entstanden zusammenhängende Thalsysteme und das fliessende Wasser rastete nicht mit seiner erfolgreichen Arbeit an ihrer weiteren Ausbildung.

Der ruckweise sinkende Spiegel von Landseen hinterlässt ebensowohl Strandlinien als das ruckweise abfallende Meer, und es ist oft viel schwieriger darüber klar zu werden, ob eine solche Linie binnenseeischen oder maritimen Ursprunges sei, als zu beweisen, dass sie nicht durch Gletscher oder fliessendes Wasser entstanden ist.

Denkt man sich die eben erwähnten Bassins z. Th. mit Schutt erfüllt, welcher schon beim Aufbersten der Kruste oder nachmals durch Abwittern etc. entstanden, den ersten Boden der Urseen bildete, so kann man selbst annehmbar finden, dass das in breitem wüstem Bett in Fluss gekommene Wasser Steilufer riss; und dass es in demselben Bett neue Steilufer riss, als der Abflusscanal des Bassins hinreichend gesenkt war. Dadurch konnten Reihen von Terrassenlinien entstehen, welche

den beschriebenen Fluthlinien ähneln. Jedes Urseebecken müsste dann aber ein ihm eigenthümliches System von Stufenlinien (resp. Terrassen) besitzen, welche nicht horizontal aus einem höheren in ein tieferes Becken verlaufen könnten; und wo fänden wir an der Oeffnung eines Thalsystemes in der Ebene Spuren von Thalriegeln, welche hoch genug gewesen wären das Wasser bis zum Horizont der obersten Stufenlinien im innersten Thalwinkel aufzustauen? wo die Bergfesten, an welche sich solche Riegel hätten anlehnen können? denn mit dem Thalweg pflegen auch die Kämme der Thalwandungen sich im Ganzen allmählich zu senken.

Wir geben gerne zu, dass manche tiefer belegene Strandbildungen durch Binnenseen zu erklären sind (siehe IV. Cap.), während höhere, selbst desselben Thales, a priori nur dem Meere zugeschrieben werden können; wir wollen nicht in Abrede stellen, dass auch durch Strömung entstandene Hochthäler vorkommen mögen mit Steiluferüberresten, welche unseren Strandlinien ähneln; wir sind weit entfernt dem fließenden Wasser und dem Gletschereis ihren Antheil an der Thalbildung bestreiten zu wollen; und würden überhaupt den Strandlinien als Thalzierrathen des Gotthardgebietes keine grosse geologische Bedeutung beimessen, wenn sie nicht den Beweis lieferten, dass dieses Gebirge vor der Eiszeit vom Meer überfluthet war.

Directer als durch Strandbilder würde dieser Beweis allerdings durch Meeresconchylien in den Hochalpenthälern geliefert sein — solche fehlen aber. Ihr Fehlen kann kaum auffallen, wenn man annimmt, dass dem Meer Gletscher auf dem Fusse folgten, welche den Thalbodenschutt bis auf die nackte Klippunterlage wegfeigten. Es wäre wunderbarer in einem Thalloch noch Meeresablagerungen mit ihrer Fauna anzutreffen, als von solchen auf diesem alten Seegrund von vielen Quadratmeilen nichts zu finden.

Eine Spur von Meeresbewohnern glaube ich im Tessinthal aber doch entdeckt zu haben. Die Anzeichen sind allerdings noch so unsichere, dass sie hier nicht erwähnt werden würden, wenn es nicht wünschenswerth wäre, dass Geologen und beobachtende Touristen die Spur weiter verfolgten, besonders in Kalkalpen. Ein einziges sicher nachgewiesenes *Pholadenloch* wiegt als Beweis für eine posttertiäre Meeresbedeckung schwerer als sämtliche alte Strandlinien.

Beim Abstieg vom Fongiopass nach Lago Ritom fielen mir schon vor Jahren an einer Dolomitklippe, in ca. 1930 m Meereshöhe, Löcher auf, von anderem Habitus als die gewöhnlichen Cavernen in diesem Gestein. Nicht über die ganze Klippfläche gleichförmig vertheilt, sondern gruppenweise, erin-

uern sie mehr an sogen. „Elfqvarnar“ als an Structur- oder Verwitterungshöhlungen des Dolomites, trotz ziemlich unregelmässiger Form. Die Hauptvertiefung ist aber rund, oder erst durch Witterung unrund geworden; im Innern ohne Vorsprünge und ziemlich glatt, besonders wenn Moos oder Mooshumus das Loch gefüllt und gegen die Atmosphärien geschützt hat. Mit Erde bedeckte Löcher am Klipffuss haben Rundung und innere Glätte am besten beibehalten.

Einmal auf solche Löcher aufmerksam geworden, habe ich sie gesucht und an so vielen anderen Stellen, selbst in anderen als Kalksteinen, gefunden, dass mir die ganze Erscheinung wegen ihrer Häufigkeit und Charakterlosigkeit endlich zu trügerisch erschien, als dass ihr eine besondere Bedeutung beizumessen wäre. Da fand ich vorigen Sommer im Ruinenschutt eines alten Kalkofens, welcher links am Pfad von Faido nach Dalpe im Gebüsch versteckt liegt, das in Fig. 8. Taf. II. nach einer Photographie in natürlicher Grösse abgebildete Dolomitstück, mit einer halbkugelig endenden cylindrischen Vertiefung, die durch innere Glätte und Drehringe sofort an Bohrmuschelarbeit erinnerte. Das Loch ist schief gegen die Steinfläche gerichtet, besitzt 17 mm Durchmesser, 13—14 mm Tiefe in der Axe. Mehrere kleinere, aber ganz flache und undeutliche, befinden sich daneben.

Der Kalkofen steht nicht unmittelbar an der Dolomitklippe, sondern am Fuss eines Wasserfalles, dessen Bach Steine von dem im I. Capitel erwähnten Gribbio-Dolomit herabgeführt hat. Diese Geschiebe wurden gebrannt; und als ihr Vorrath erschöpft war, verfiel der Kalkofen. Der nicht bequem zugängliche anstehende Dolomit lässt sich in circa 1100 m Meereshöhe etwa 100 m breit, 400 m weit verfolgen. Er ist nicht hart, feinkörnig, ziemlich compact, gelblich weiss, voller ganz kleiner silberweisser Glimmerschüppchen, welche undeutliche Parallelstructur bedingen.

Das abgebildete angebohrte Stück ist nicht nur durch's Wasser gegangen, sondern wahrscheinlich auch durch's Feuer, wenigstens als Bestandtheil des Ofengemäuers. Deshalb wird es ein unzuverlässiger Zeuge, und ich wünsche, dass andere Spaziergänger bessere entdecken möchten. Nicht an freistehenden kahlen angewitterten Klipflächen sollten sie suchen, sondern an ihrem von der Erddecke neulich entblösstem Fuss, vielleicht auch unter Moostepichen.

Der Zeitpunkt, da Meer noch in den Alpenthälern wogte, können wir nur zwischen der miocänen und Eisperiode suchen; denn die Nagelflub- und Molasseberge der Voralpen tragen Strandlinien, welche den tieferen der inneren Alpenthäler entsprechen, und die Gletscher haben Strandstufen nicht nur

abgerundet, sondern ihre Ueberbleibsel sind theilweise noch auf solchen gebettet.

Folgende Sätze STUDER's (l. c. pag. 245) könnten die zeitlichen Grenzen der Strandlinienbildung fixiren: „dann¹⁾ geschah wohl in Folge einer Senkung ein neuer Einbruch des Tertiärmeeres und ein ... Canal verband durch Südfrankreich, die Schweiz und Oesterreich, das Atlantische und Mittelmeer mit dem Schwarzen und Kaspischen Meer. ... Die neue Hebung eines grossen Theiles von Südeuropa machte dieser Verbindung ein Ende und gab unserem Continent grösstentheils seine jetzige Gestalt.“

Im Vorhergehenden ist schon mehrfach von Strandterrassen. auch im Tessinthal, die Rede gewesen. Dieselben sind theils Binnensee- und Flussbildungen, worüber mehr im IV. Capitel; theils gehören sie Meeresküsten an, verdanken aber dem Meer nicht ihre ganze Entstehung. „Man darf sie nicht mit den Strandlinien verwechseln; man kann die Höhen der Terrassen mit denen der Strandlinien vergleichen, aber man muss nicht glauben, dass diese verschiedenen Zeichen einer und derselben entstammen. Die wesentliche Thätigkeit des Meeres an der Küste besteht im Zerstören. So kann es durch Nagen und Abschleifen, Lossprengen und Fortbewegen bei Ebbe und Fluth auf den Fels ein Zeichen setzen, also eine Strandlinie, aber nicht eine breite Terrasse. ... Des Wasserlaufs Arbeit ist es — sei es nun ein Bach oder Fluss — Steine und Kies, Sand und Thonschlamm herniederzuschleppen. Die Terrasse wird durch die vereinte Thätigkeit des Wasserlaufes und des Meeres gebildet. ... Der Fluss schneidet sein Bett in die Terrassen ein und bringt sein Material hinaus zur Bildung des „Havstock“ oder „Oere“. ... Wenn der Meeresspiegel plötzlich im Verhältniss zum Lande um 50—100 Fuss niedriger würde (wenn also das Land stiege), so würde diese „Oere“, welche jetzt nach aussen mit einem Steilabfall gleich dem der Terrassen endet, als Terrasse zum Vorschein kommen. Und die Arbeit des Wasserlaufs würde dann wieder darauf hinausgehen, mit dem herabgeführten Material weiter draussen eine neue „Oere“ aufzubauen. ... Wo ein Seitenthal mehr oder minder Material hinzugebracht hat, erhebt sich eine entsprechende Terrasse ... und bei dem Durchbruch bildet der Fluss auch kleine und kurze Terrassen, gewöhnlich nach oben zu merklich schräg und nicht in correspondirenden Höhen auf beiden Seiten, sondern ganz je nachdem er die Masse einreisst und sie auf der einen oder anderen Seite wieder niederlegt. ... Die grossen, über die ganze Breite der

¹⁾ Nach Absatz der Süsswassermolasse in der Nordschweiz.

Thalsole ausgedehnten Terrassen, welche offen liegen, entsprechen ... Stufen in den Meeresständen. Wäre die Hebung anhaltend und gleichmässig vor sich gegangen, so würde keine Ursache zur Bildung von Stufen in der Thalfüllung vorhanden gewesen, sondern die Füllung des Thales eine schiefe Ebene gewesen sein.“ (KJERULF.)

Dieser Schilderung vom Meeresstrand entspricht in kleinem Maassstab das Delta an der Mündung der Maggia in den Lago Maggiore zwischen Locarno und Ascona. Auf der Südwest- und Südostseite besitzt es unter dem Wasser ziemlich steile Böschung und würde als eine Frontterrasse hervortreten, wenn sich der Spiegel des Lago Maggiore um etwa 20 m senkte.

Das dem Maggiadelta gegenüber in den See vorgeschobene Tessindelta hat den sumpfigen Thalboden gebildet, dessen unterste 9—10 Kilometer kaum 1 pr. mille abfallen. Dies ist eine schiefe Ebene ohne Stufe, woraus zu entnehmen, dass sich der Lago Maggiore wenigstens 10 m tief allmählich und nicht ruckweise gesenkt hat, oder dass er an seinem Ostende nur durch Auffüllung so hoch verlandet ist.

Die Ueberbleibsel alter Strandterrassen im oberen Tessinthäl sind etwas anders beschaffen und können als Schuttkegel aufgefasst werden, welche an der Mündung von Wildbächen und kürzeren Thälern unter stehendem Wasser zum Absatz kamen. Sie haben das vorliegende Thal in der Regel nicht ganz gefüllt, sondern bilden hinausgeschobene Rücken mit breiter oder auch dachgiebelähnlicher Oberfläche, welche nur ganz schwach geneigt ist, während die Böschung der Seiten 20—35°, ausnahmsweise sogar 37—41° beträgt. Die Oberfläche dieser unterseeischen Schuttkegel muss nahe unter dem Seeniveau gelegen haben; ihr Inneres zeigt mehr oder weniger deutliche Schichtung, welche sich mantelförmig den äusseren Contouren anschliesst, an der oberen Fläche fast horizontal verläuft; — genau wie in den alten Schuttkegeln der Arve an ihrer Mündung in den ehemaligen Leman, welche COLLADON geschildert hat.

Da, wo solche Schuttkegel breitere Thalöffnungen einst ganz geschlossen haben und später vom Wasserstrom durchbrochen oder von Runsen durchfurcht worden sind, erscheinen sie als melonartige Gruppen von sehr wechselnder Form, wie man sie an der Mündung des Canariathales, besonders zwischen Valle und der Strasse sehen konnte, bevor die Bahnanschnitte neue Formen schufen.

Hierher gehörige Beispiele sind der Schuttkegel vor der Valeggio-Lawinenschlucht gleich hinter Airolò. Die höchstens 20 m breite Oberfläche desselben streckt sich, 1380 m über

dem Meeresspiegel, gegen 150 m weit in das Thal hinaus. Sie verläuft in der Mitte fast horizontal, und ist im ganzen nur 11—12° thalwärts geneigt, vom Berggehänge durch eine grabenähnliche Vertiefung getrennt. Die dünn bewaldeten und dürrtig berasteten Abfälle sind glockenförmig geschweift und im ganzen 25—35° geneigt. Auf der Westseite, wo der Valeggio die von ihm aufgebaute Terasse nochmals wieder durchbrochen hat, steigt die Böschung auf 37—38°.

Ziemlich gleich hoch mit der Valeggioterasse, nämlich 1320—30 m, sind die auf Fig. 5 abgebildeten Fragmente einer oberen Terasse hinter Madrano, am linken Gehänge des Canariathales. Die ausgezeichnete grössere Terasse daselbst liegt aber nur 1270—80 m über dem Meeresspiegel. Ihre 70 m breite, 100 m lange Fläche ist höchstens 8° geneigt; der struppige Abhang gegen NNW. ist 41° gebösch, der vernarbte südwestliche 34°.

Andere Terrassenüberreste, welche ungefähr gleiche Meereshöhe besitzen, treffen wir bei Sottacorde im Canariathal, 1380 m über dem Meeresspiegel, und nahe Fontana im Bedrettothal ca. 1300 m über dem Meeresspiegel. (Von den tiefern evidenten Binnensee- und Flussterrassen des Bedretto und der oberen Leventina wird später die Rede sein). Bei Dalpe und Cornone liegen Terrassenfragmente ca. 1200 m über dem Meeresspiegel, und die Kapelle von Gribbio steht auf einer in das Thal hinausgeschobenen giebelförmigen Terasse 1298 m über dem Meeresspiegel.

Wir haben hier auf einer Strecke von etwa 20 km Terrassen in der Meereshöhe 1200—1400 vor uns und dürfen um so mehr fragen, ob dieselben dem Fluthlinienhorizont 1326 m angehören oder nicht, als Terrassenflächen nicht Wasserspiegel markiren, sondern vielmehr Untiefen am Strand. Durch die Annahme grosser Binnenseen, anstatt des Meeres, würde die Erklärung dieser Terrassen wesentlich erleichtert ohne zu Dilemmen zu führen; aber wo wollen wir in der unteren Leventina oder gar in der Riviera den Thalriegel suchen, welcher einen so grossen Landsee hätte abdämmen können? und wo erst den Thalriegel eines Binnensee's, an dessen Strand die auf Fig. 6 skizzirten Terrassen oberhalb Gribbio hätten abgesetzt werden können, 1400—1410 m über dem Meeresspiegel; also ungefähr in dem Fluthhorizont 1450? Nicht einmal für die grosse Terasse vor dem Val Chironico, welche einst das Tessinthal in der Biaschina abspernte und die mittlere von der unteren Leventina trennte, lässt sich ein Binnensee denken, in welchem sie ein Delta gebildet hätte. Links vom Ticinotto di Chironico erreicht ihr Plateau 810 m Höhe, rechts fast 800 m.

Der linke Flügel ist nach dem Tessin hin zu einer zusammenhängenden Rufe aufgebrochen und heisst mit Recht Ruvina; der rechte Flügel ist der Mte Pelligrino mit seiner wunderthätigen Quelle und der Wallfahrtskirche für Beinleidende. Sein hie und da flach bergwärts einfallendes Plateau ist eben wie von Fluthen abgospült, welche hausgrosse Blöcke nicht zu bewältigen vermochten und an der Oberfläche liegen liessen¹⁾. Der vernarbte Abhang ist nach dem Tessin hin 32—38° geböschet; an rüfigen Stellen und nach dem Ticinetto zu, noch steiler.

Am einfachsten wäre, den Mte Pelligrino als einen gewöhnlichen Schuttkegel des Ticinetto di Chironico aufzufassen, welcher endlich die ganze Breite des Tessinthales einnahm, und den Fluss hinter sich aufdämmte. Die ebengespülte Oberfläche und die durch Eisenbahnanschnitte nächst unterhalb der Bahnstation Giornico an seinem Fuss entblösten Profile sprechen aber dafür, dass auch dieser Schuttkegel unter einer Wasseroberfläche abgelagert wurde.

Aus der Profilskizze Fig. 9 ersieht man, wie auf einer Grundmoräne von etwa 10 m Mächtigkeit (über dem Horizont 441 m) grobe kantige Blöcke einer Endmoräne 2 m hoch lagern. Auf diesen ist das eigentliche Schuttkegelmaterial abgesetzt: wechselnde Schichten von grobem aber geschichtetem Schutt; verwaschener Schutt mit zwischengeschobenen Sandlagen; feiner ungeschichteter Schutt u. s. f. Die Schichten scheinen horizontal zu verlaufen, weil der Anschnitt ihrer Streichrichtung folgt; in Wirklichkeit fallen sie der Böschung conform thalwärts ein. Da die meisten derselben sehr deutlich verwaschene regelmässige Geschiebe- und Sandstraten enthalten, so scheint der Schuttstrom in ein Wasserbassin geflossen und während seiner Ablagerung aufbereitet zu sein. In den geschichteten Bänken des Pelligrino-Schuttkegels habe ich über der Grundmoräne nur Gesteine gefunden, welche im Val Chironico anstehen.

Die Rüfen des Ruvinaschuttkegels scheinen zwar chaotisch; ein daselbst für Tracirungsstudien getriebener Sondirstollen zeigte in einiger Tiefe aber gleichfalls geschichteten Schutt.

Die Terrasse, auf welcher Gribbiokapelle steht, ist thalwärts sehr rüfig, so dass man ihre innere Struktur wohl untersuchen kann. Der gelbgraue, stellenweise röthliche, Schutt

¹⁾ Manche dieser Blöcke sind aber von der rückwärts liegenden Klippwand erst nachträglich abgestürzt; und einige in loco verbliebene, obwohl vom anstehenden Gestein losgetrennte und meist etwas verschobene, Klippen. Die Gleichartigkeit des Glimmergneisses, aus welchem diese Blöcke bestehen, erschwert die Deutung ihrer Herkunft.

besteht ganz überwiegend aus verwitterten Brocken und abgestossenen Platten von Pizzofornoglimmerschiefergneiss, welche, mit ihren Breitseiten aufeinander liegend, eine Art Schichtung bedingen. Das sandige und griesige Cement scheint nicht einmal an der Oberfläche der Terrasse verwaschen, und das ganze Material gleicht dem eines Murganges oder einer Grundmoräne; doch fehlen gekritzte Steine. Die durch Rufen aufgeschlossenen Terrassen hinter Gribbio sind ganz ähnlich zusammengesetzt. Man möchte glauben, dass hier die Grundmoräne eines Gletschers als mächtiger Schlammstrom unmittelbar auf den Meeresboden hinausgeflossen sei, aber ohne vor seiner Ablagerung verwaschen zu werden.

Die Valeggioterrasse ist offenbar Schuttkegel. Sie enthält ausschliesslich Material vom Scipsius, aus dem Sammlungsgebiet des Wildbaches, keine der Bedretto- und Gotthardgesteine, welche durch Gletscher bis Aiolo geschleppt worden sind. Zur Beurtheilung ihres inneren Baues reichen die Aufschlüsse nicht aus.

Sehr gut aufgeschlossen sind dagegen die Terrassen von Valle, welche jedoch als evidente Binnenseebildungen nicht stricte zu den uns jetzt beschäftigenden Hochterrassen gehören. In den Eisenbahnschnitten deuten fast horizontale Reihen grober Blöcke undeutliche Schichtung in der Richtung des Tessinthales an und das durch die Canaria aufgeschlossene Querprofil zeigt deutliche, 15° nach dem Tessinthal abfallende, Schichten (am besten von der linken Seite des Canariathales bei früher Morgenbeleuchtung wahrzunehmen). Das Material ist bindiger, meist unverwaschener Schutt, welcher sehr grosse scharfkantige Blöcke und abgerundete, auch gekritzte, Gerölle unschliesst, von Gesteinen des Canariathales und des Gotthard. Das ganze scheint ein sehr breiter Schuttkegel, dessen Material die Canaria theilweise präexistirenden Moränen entnommen, theilweise zwischen solchen abgelagert hat.

Die Terrassen von Gribbio und Mte Pelligrino lagern auf gletschergeschliffenem Boden; jene des Valeggio ist ein postglacialer Schuttkegel; sämmtliche müssen aber glacial oder postglacial sein, weil sie sonst von Gletscherströmen, welche das ganze Thal füllten, wieder fortgefegt sein würden. Dadurch wird ihre Deutung erschwert. Wenn das Meer die Fluthlinien bildete, während das Gebirge ruckweise gehoben und in gleichem Maass als es sich hob vergletschert wurde, so konnten in demselben Meer keine bleibende Strändterrassen entstehen, weder durch Schuttkegel noch hinausgeschobene Moränen — denn die nachfolgenden Gletscher würden sie wieder weggeführt haben. Wenn aber diese Terrassen, als Wildbachteltas, erst nach oder während dem Gletscherrückzug aufgeschüttet

wurden, und zwar im Meer, so setzen sie nach der Hebung, von welcher bisher immer die Rede war, eine Senkung des Gebirges wenigstens bis zu seinem jetzigen 1450 m Horizont voraus. Erst nach dieser Senkung hätte die Wiederhebung beginnen können, welche das Gebirge in seine jetzige Höhenlage versetzte, und mit dieser zweiten Hebung wäre keine aberinalige totale Vergletscherung verknüpft gewesen. Dies klingt sehr complicirt und wenig wahrscheinlich; besonders noch weil unter solcher Voraussetzung der Mangel an Meeresconchylien (in dem Terrassenschutt) nicht mehr ihre Verschleppung durch Gletscher zugeschrieben werden kann. Große Binnenseeen, 1400—1500 m über dem Meeresspiegel, würden aus der Verlegenheit helfen; wir fanden aber weiter oben, dass ihr Abschluss nach aussen fehlt, man wolle denn Gebirge construiren, da wo jetzt die Thäler sich erweitern verflachen und in die Ebene münden.

Durch diese Unsicherheit in der Beurtheilung der Hochterrassen wird die Deutung der „Bergschultern“ als Fluth- oder Strandlinien nicht irritirt. Nicht einmal wenn wir uns dazu bequem müssien die Hochterrassen als Ueberbleibsel flacher Thalböden zu betrachten, d. h. als die Oberfläche der Schuttmassen, welche die rückziehenden Gletscher in den Thälern liegen liessen. Es ist begreiflich, dass fließendes Wasser nachmals in solche Massen sich einschneiden und sie bis auf geringe Ueberbleibsel in Thalwinkeln wegführen konnte. Auch ist die Zwischenkunft von Schuttkegeln aus Seitenthälern nicht ausgeschlossen. Unbegreiflich aber scheint dann der waagerechte Kamm der letzteren (Valeggio), unbegreiflich auch die totale Durchwaschung und mitunter deutliche Schichtung des Schuttes, z. B. auch am Ausgang des Göschenerreussthales und oberhalb Wasen.

Von den tieferen Terrassen, deren eine mit dem Friedhof von Airolo (1160 m über dem Meeresspiegel) die Front der Fig. 5 Taf. II. einnimmt, wird im Cap. IV. die Rede sein. Dieselben können als die Ueberreste flacher Binnenseeböden bezeichnet werden, welche vom Fluss durchfurcht und grossentheils weggeführt wurden, in selbem Maasstab als die Einschlitzung der Seedammschwellen sich vertiefte.

Das vorgehende Resumé manjähriger Beobachtungen ist weitläufiger geworden als beabsichtigt war. Ich wollte die auf Beobachtung gegründete Ansicht möglichst unbefangen darstellen und Konflikte mit anderen Ansichten zu vermeiden suchen, die ich kenne und hochachte. Im Verlauf der Bearbeitung begannen sich aber Zweifel an der Richtigkeit mancher Auffassung zu regen, die mir beim Beginn unumstösslich schien, und diese Unsicherheit veranlasste weitere Erörterungen von Beobachtungsdetails. Es wurde mir auch mehr und mehr klar, dass

der Nachweis von Meeresstrandlinien in den Alpen mehr als lokales Interesse besitzt und soweit greift wie die Meeresfläche in einer gegebenen geologischen Periode selbst. Im Hügelland und sanft ansteigenden Bergland können Strandbilder kaum hervortreten, selbst wenn in einer nicht zu entlegenen Periode das Meer auch hier noch Stränder bearbeitet hat. Die Basaltberge des mittleren Deutschlands, mit ihren an liegende Löwen erinnernden Contouren, lassen aber an Inseln denken, welche sich ein paar hundert Meter über den flach gewölbten Meeresgrund erhoben, der nun z. B. in der Rhön, 300—400 m über dem jetzigen Meeresspiegel liegt ¹⁾. Die auf der einen Seite steil, auf der anderen flacher abfallenden und in einen breiten Rücken auslaufenden Berge gleichen dann Inseln mit benagten Steilküsten auf der einen Seite, verwaschenen Gestaden auf der anderen. Dies Beispiel ist zunächst nur als Gleichniss hingestellt; es würde jetzt schwer fallen die geologische Periode zu fixiren, in welcher der vorausgesetzte Meeresstrand, oder eine ihm entsprechende Höhenlage des jetzigen mittleren Deutschlands zum unveränderlich gedachten Meereshorizont zuletzt stattfinden konnte.

¹⁾ Der Druidenstein (Heckersdorfer Köpfchen) im Siegerland erinnert gleichfalls täuschend an eine Klippinsel, wenn man ihn z. B. vom Hohlwald, gleich hoch mit dem Plateau, über dem er hervorragt, betrachtet. Die Anzahl hieher passender Beispiele ist aber legio.