Geologie des Rheinfalls

Autor(en): **Heim, Albert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen**

Band (Jahr): **10 (1930)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-584391

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Geologie des Rheinfalls

von

Albert Heim

(Zürich 7)

Mit einer geologischen Karte des Rheinfall-Gebietes in 1 : 10000 von Alb. Heim und J. Hübscher, einem Titelbild, einer Tafel P. mit 2 Profilfiguren, 10 weiteren Textfiguren u. einer geologisch-geschichtlichen Tabelle.

*

Diese Arbeit ist auch als Sonderdruck erschienen und kann bei der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen oder bei Carl Schoch, Buchhandlung, Schaffhausen, bezogen werden.

Beiträge an den Druck leisteten:

Der „Dr. Jakob Meister-Fonds“ der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen, der „Schweiz. Bund für Naturschutz“ und eine Reihe von Mitgliedern der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen.

Vorwort

Der Vorstand der Naturforschenden Gesellschaft hat beschlossen, es sollen die wichtigsten Naturdenkmäler unserer engeren Schaffhauser Heimat geschildert und dargestellt werden, damit die Bedeutung dieser Schöpfungen der Natur immer mehr von unserer Bevölkerung erkannt und das Bewußtsein und der Wille gepflanzt werden, daß diese Güter einen geheiligten Besitz darstellen, den wir den späteren Geschlechtern unverletzt und ungeschmälert erhalten müssen.

Unser größtes und bekanntestes Naturdenkmal ist aber der Rheinfall. Ueber den Rheinfall sollen im 10. und 11. Heft unserer „Mitteilungen" Abhandlungen erscheinen aus den verschiedenen Gebieten naturkundlicher Forschung. Und wie der Rheinfall ein gemeinsames Gut der Kantone Schaffhausen und Zürich darstellt, so werden auch Vertreter aus beiden Kantonen an der Bearbeitung mithelfen. Zunächst wird der Altmeister der Geologie beider Zürcher Hochschulen, Herr Prof. Dr. Albert Heim, in Verbindung mit Herrn Reallehrer Hübscher in Neuhausen, die Geologie des Rheinfalls behandeln. Er wird darstellen, wie vor vielen Jahrtausenden das Naturdenkmal entstanden ist. Möge das Donnern und Rauschen der Wasser am „Laufen" noch so lange fortdauern wie es bisher geschehen ist und möge unser ganzes Volk immer mehr erkennen, was ein unversehrter Rheinfall für unsere Heimat bedeutet!

Schaffhausen, den 1. März 1931.

Im Namen der
Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen:

Der Präsident: A. Uehlinger, Forstmeister.
Der Aktuar: H. Oefelein, Reallehrer.

Die weiteren Mitglieder des Vorstandes:

Dr. W. Amsler
Dr. H. Bütler, Professor
Dr. W. Fehlmann, Professor
J. Hübscher, Reallehrer
G. Kummer, Reallehrer
Erwin Maier, Ingenieur
Dr. B. Peyer, Professor
Dr. med. Th. Vogelsanger

Inhalts-Verzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Anmerkung betreffend Höhenzahlen	3
1. Der Felsgrund um den Rheinfall	5
2. Ueberblick des Gestaltungsvorganges	7
3. Zwischen Tertiär- und Quartärzeit	8
4. Die erste oder Günzvergletscherung	9
5. Die erste Interglazialzeit (Günz-Mindel)	10
6. Die zweite Vergletscherung (Mindel-Eiszeit)	10
7. Die zweite oder große Interglazialzeit (Mindel-Riß) und ihre Tiefrinnen	11
8. Die Zeit der größten Vergletscherung oder Riß-Eiszeit	21
9. Die dritte oder letzte Interglazialzeit	23
10. Die Zeit der letzten oder Würm-Vergletscherung	25
11. Aus der Zeit des Rückganges der letzten Vergletscherung	28
12. Postglazialzeit, Entstehung des Rheinfalls	32
13. Schaffhausen	38
14. Schematische Uebersicht und Tabelle zur Geschichte des Rheinfalles (letztere in Tasche nach dem Text)	40
15. Die Stabilität des Rheinfalls	43
16. Wasserführung des Rheinfalles	45
17. Das jetzige Felsbett des Rheinfalles	48
a) Gliederung des Wasserfalles im Felsbett	48
b) Notizen und Beobachtungen bei besonderen Niederständen. Das Algenpolster	51
c) Die Stromschnelle oberhalb des Falles	53
d) Die Felszähne im Rheinfall	54
e) Die Strudellöcher	57
f) Die Rinnentröge	58
g) Die Höhle unter dem Zürcherfall	60
h) Die Querklüfte im Fels des Rheinfalles	60
18. Das Fallbecken unter dem Rheinfall	63
19. Die Siedelung um den Rheinfall	67
20. Schlußwort	69

Verzeichnis der graphischen Beilagen.

Bezeichnung	Gegenstand	Seite
	Rheinfall bei Mittelstand	Titelbild
K.	Geologische Karte 1 : 10000 (in Tasche auf Innenseite des Schlußdeckels)	
P. 1	Profiltafel Fig. 1 Querprofil in Coulissen . .	16/17
P. 2	Profiltafel Fig. 2 Längsprofil in Coulissen . .	16/17
Fig. 3	Graphisches Schema der Austiefung und Auffüllung	42
Tabelle	Geschichte des Rheinfalls (Tabelle in Tasche hinten)	
Fig. 4	Schema der Gliederung des Rheinfalls . . .	48
„ 5	Karte des Rheinfalls 1 : 3000, Felsbett und Wasserfaden	48/49
„ 6	Ansicht aus NW bei Niederstand	50/51
„ 7	Ob den Felszähnen bei Niederstand . . .	52/53
„ 8	Längsprofil des Felsbettes bei den Zähnen . .	55
„ 9	Strudellöcher (Phot. Stierlin)	56/57
„ 10	Höhle unter dem Zürcherfall (3. IV. 1921) . .	60/61
„ 11	Rheinfallbecken (Haberbosch)	64
„ 12	Sturzbild vom Laufenpark	70/71

Vorbemerkung

Auf das Anraten von Herrn Professor Albert Heim hin, hat die Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen die Anlage eines

Rheinfall-Archivs

beschlossen. Darin sollen Literatur, Zeitungsartikel und Bilder über den Rheinfall und die Lächen systematisch gesammelt und geordnet werden. Es ergeht daher an alle Besitzer von Schriften und Photographien die höfliche Bitte, uns solche zu überlassen, und, sofern es sich um Stiche, Zeichnungen und Gemälde handelt, uns dies kundzutun, damit wir dieselben einsehen und event. photographieren können. Die Photographien sollten wenn irgend möglich datiert sein.

Das Rheinfallarchiv soll später im zu errichtenden naturhistorischen Museum untergebracht werden. — Sendungen und Zuschriften sind an den Unterzeichneten zu richten.

Für den Vorstand der N. G. S.

Der Bibliothekar:

A. Uehlinger, Grubenstraße 1,
Schaffhausen.

Geologie des Rheinfalls
in Vergangenheit und Gegenwart

von

Albert Heim
Zürich 7.

In den Kreisen der „Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen“ und in der „Naturschutzkommission des Kantons Schaffhausen“ reifte im letzten Sommer der Wunsch, ein kleines Büchlein herauszugeben über den Rheinfall. Ich wurde gebeten, für dasselbe die Entstehungsgeschichte des Rheinfalles zu schreiben. Es machte mir Freude, diesen dankbaren Auftrag zu übernehmen, — umso mehr, als ich einen solchen Gedanken schon lange hegte, und man meinen Wünschen sehr freimütig entgegenkam.

Das herrliche Phänomen des Rheinfalls hat schon viele Forscher veranlaßt, demselben geologisch-wissenschaftlich näher zu treten und Verständnis zu suchen. Es ist unmöglich, die Beobachtungen und Schlüsse jedes Einzelnen hier darzulegen. Es ist nicht meine Aufgabe, eine Geschichte der geologischen Erkenntnis des Rheinfalls zu schreiben, vielmehr sollen diese Blätter eine

Geschichte des Rheinfalles selbst

feststellen. Eine bloße Nennung derjenigen Forscher, die wesentlich dazu beigetragen haben, soll hier genügen.

Schon 1864 hat R. Baumeister „über die alten Rheinläufe bei Schaffhausen“ geschrieben, und Merklein in der Umgebung beobachtet. Die Entstehung des Rheinfalles durch eine epigenetische Ablenkung ist in voller Klarheit 1871 zuerst von L. Würtemberger be-

handelt worden. Weiter haben sich als Geologen mit dem Rheinfall eingehend beschäftigt und unser Verständnis Schritt für Schritt vertieft: A. Penck, L. du Pasquier, F. Schalch, J. Meister, Schmiedle, J. Hug. Von Meister mit Penck, von J. Hug und von Schalch haben wir geologische Karten in 1 : 25 000 vom Rheinfallgebiet. Eine solche in 1 : 10 000 von mir findet sich in meiner „Geologie der Schweiz". Ich hatte sehr oft Gelegenheit, im Rheinfallgebiet ergänzende Beobachtungen anzustellen. Bei der Herstellung der diese Abhandlung begleitenden geologischen Karte des Rheinfallgebietes, die größeren Maßstabes und deshalb auch genauer und eingehender als die bisherigen sein soll, bin ich in vortrefflicher Weise unterstützt worden von Herrn Reallehrer Jakob Hübscher in Neuhausen. Derselbe hat seit einer Reihe von Jahren alle vorübergehenden Aufschlüsse im Boden beobachtet und dadurch Vieles gegenüber früheren Arbeiten verbessern können. Er hat auch noch vorhandene Lücken durch sorgfältiges Nachsuchen erledigt und das wissenschaftliche Verständnis wesentlich gefördert. Ich hätte, zu sehr vom Alter gehemmt, die Herstellung dieser geologischen Karte des Rheinfallgebietes nicht mehr wagen können, ohne solche vortreffliche Mitarbeiterschaft.

Beim Lesen dieser geologischen Geschichte des Rheinfalles wird man stets das Bedürfnis empfinden, die Karte neben das Buch zu legen. Sie ist unentbehrlich zum Verständnis. Damit aber ist ihre Leistung noch nicht erschöpft. Wer sich an das Lesen geologischer Karten gewöhnt hat, wird aus der Karte noch vieles ersehen, das in unserem Texte nicht berührt ist. Eigentlich sollte diese Karte noch von einer eingehenden Erläuterung begleitet werden.

Unser Gebiet mehr nur streifend, haben sich mit demselben auch beschäftigt: A. Gutzwiller, Leo Wehrli, Roman Frei und einige andere. Ferner war Herr Dr. Haberbosch ein messender, zeichnender und photographierender, stets hülfsbereiter Beobachter

am Rheinfall, bis seine Übersiedlung von Neuhausen nach Baden seine Tätigkeit am Rheinfall unterbrechen mußte.

Wir wollen hier nicht die weiten Umwege betreten, welche uns die Entstehungsgeschichte des Baumaterials unseres Gebietes führen könnte, sondern dieses in seinen älteren Bildungen als schon vorhanden betrachten, und uns dann näher erst mit demjenigen Teil der Geschichte des Bodens befassen, der die heutige Gestaltung von Berg und Tal und damit den herrlichen Rheinfall, Europas größten Wasserfall, geschaffen hat. Wir ordnen unsere Betrachtung nach den Zeitabschnitten dieser Geschichte.

Anmerkung betreffend die Höhenzahlen.

Wer viel Höhenzahlen aus unseren Karten zu benutzen hat, gerät oft in Unsicherheit. Immer wieder muß deshalb an folgende Sachlage erinnert werden.

Als Ausgangspunkt für unsere Höhenmessungen in der Schweiz ist von Dufour im Jahr 1820 eine Bronceplatte in die Pierre du Niton, einen in der Bucht von Genf aus dem Wasser ragenden großen erratischen Block, eingelassen worden. Im Anschluß an französische Nivellements wurde der Punkt auf der Pierre du Niton damals zu 376,64 m über Mittelmeer bestimmt. Alle Höhenzahlen der Dufourkarte und aller zeitgenössischen Aufnahmen sind als Ueberragungen oder Untertiefungen dieses Punktes gemessen und durch Addition dieser Höhe gerechnet worden. Auch die Blätter des Siegfriedatlas halten sich meistens an diese Pierre du Niton-Höhe von 376,64, einige an 376,86, was praktisch wenig stört. Allein nun ist im Laufe der Zeit der mittlere Stand des Mittelmeeres in Marseille genauer als früher bestimmt und das Nivellement durch das Rhonetal hinauf bis Genf mit verbesserten Instrumenten und Methoden ausgeführt worden. Dadurch gelangte man zu Anfang dieses Jahrhunderts für die Basismarke auf Pierre du Niton auf Meerhöhe derselben = 373,60. Das ist praktisch 3 m weniger hoch, als bisher angenommen. Alle bisherigen Höhenzahlen in unseren Karten sollten also um 3 m vermindert werden. Die praktische Bedeutung ist gering, weil wir ja alle unsere Höhenzahlen nur relativ innerhalb unseres Landes und der Nachbarländer brauchen, die z. T. auch an das alte Nivellement direkt oder indirekt anschließen. Aber wenn man jetzt anfängt, die verkleinerten Zahlen zu gebrauchen, so entsteht zunächst viel Konfusion. Man muß tatsächlich schon heute bei jeder Höhenzahl zusetzen: „Horizont alter Wert“ oder „Horizont neuer Wert“. Die

Kartenblätter, mit denen wir es in unserem Falle zu tun haben, geben durchweg noch die Zahlen nach dem älteren Nivellement. Auch das Siegfriedblatt No. 16 (Schaffhausen und Neuhausen) mit Nachträgen von 1922 und der Bezeichnung: „Eidg. Landestopographie: gedruckt 1928“ trägt den Stempel: „Horizont: Pierre du Niton 376,86 m, alter Wert“. — Sogar die Überdrucke auf Aluminiumplatten, wie wir Sie von der eidgenössischen Landestopographie für unsere 1 : 10000 Karte im Herbst 1930 erhalten haben, beharren auf dem älteren Horizont. Es ist also gewiß gerechtfertigt, wenn auch wir nicht alle Zahlen, die wir unsern Karten entnehmen und die in unseren Figuren erscheinen, um 3 erniedrigen. Wir müßten das dann auch in der Karte tun. Wir bleiben bei der Karte, wie sie uns von der eidgenössischen Landestopographie geliefert worden ist. Dabei kann man im Sinne behalten, daß die 0-Basis unserer Karte 3 m über dem Niveau des mittelländischen Meeres liegt.

Ich füge noch einige wichtige Höhenzahlen vom Rheinfall und nächster Umgebung nach beiden Nivellements bei:

Ort	Alter Wert	Neuer Wert
Pierre du Niton	376,86	373,60
Mittlerer Wasserstand des Fallbeckens (bei 370 m³ p. Sec.) . . .	360,8	357,53
Felsboden der Jahreszahltafel 1880 über dem Fall	378,7	375,45
Südlicher Felszahn, Gipfel . . .	384	380,60
Großer Felszahn, Gipfel	385	381,75
Ueberfallkante, Oberwasser des Kanals der Aluminium-Fabrik . . .	382,21	378,95
Felsen im Rhein oberhalb Bahnbrücke .	385	381,75
Oberkante Rinnenschotter N-Fallbecken	390	386,75
Schwellenhöhe Eisenbahnbrücke oberhalb des Falles	393	389,75
Terrasse der Waggonfabrik, Neuhausen	412	408,75
Schulhausterrasse und Schloß Laufen .	414	410,75
Felsterrasse „Schweizerhof“ . . .	436	432,75
Terrasse badischer Bahnhof . . .	443	439,75
Neuhauserwald, höchster Punkt . .	568	564,75

Anmerkung betreffend die Zitationen der graphischen Beilagen im Text.

Im Folgenden sollen folgende Zitationen gelten:

(K.) = Geologische Karte 1 : 10000
(P.) = Profiltafel (mit Fig. 1 und Fig. 2)
(T.) = Titelbild
(Fig. 3 bis 12) = Figuren und Tafeln im Text.

Zu korrigieren: In Zeile 15 von oben ist das Wort „über“ zu ersetzen durch „unter“.

1. Der Felsgrund um den Rheinfall.

Wir befinden uns von Thayngen über Schaffhausen, Rafz bis Zurzach am SE-Fuße der Erhebung des Schwarzwaldes, der hier die verborgene Unterlage des Tafeljuras ist. Auf der Nordseite dieser Linie steigen die Kalksteinschichten des Tafeljura sehr regelmäßig mit 2° bis 3° gegen den Schwarzwald auf; auf der Südseite fallen die überliegenden Molasseschichten mit ähnlichem Gefälle gegen SE in die Molassemulde zwischen Jura und Alpen ab. Der Rhein tastet im Großen und Ganzen der Grenze von Jurakalk und Molasse entlang. Recht oft, und gerade häufig im Rheinfallgebiet schneidet die heutige Oberfläche den Kontakt zwischen dem hellfarbigen Jurakalk unten und den grauen oder bunten Molassemergeln und Sandsteinen darüber an. Die Berührungsfläche dieser zwei Formationen ist nicht eben. Die Oberfläche des Jurakalkes ist unregelmäßig abgespült, oft tief löcherig ausgelaugt. Sie wird sehr unregelmäßig bedeckt von einem roten Ton, einer „terra rossa", die hie und da Limonitknollen, früher ausgebeutetes „Bohnerz", enthält. In Löchern und Spalten ist der Bohnerzton gehäuft, auf Kalkrücken fehlt er oft ganz. In der nächsten Umgebung des Rheinfalls erlangt er kaum 1 m, auf dem Laufenberg zwischen Klettgau und Rhein bis zu 30 m Mächtigkeit. Eigentliches Bohnerz findet sich gewöhnlich nur in den tieferen Schichten des roten Tones.

Der unterlagernde, hellgelbe Jurakalk ist „oberer weißer Jura", „oberer Malm", Stufen Kimmeridgien und Portlandien. Man hat in der Umgebung von Schaffhausen einen tieferen, wenig geschichteten Teil als „Massenkalke" unterschieden von einem höheren, besser geschichteten, den „Plattenkalken". Indessen wechseln die beiden Varietäten auch in horizontaler Richtung ab, sie sind keine Altersunterscheidung. Die Felszähne im Rheinfall zeigen nur wenig klare Schichtung, sind „Massen-

kalke“, während die Stromschnelle oberhalb bis unter der Eisenbahnbrücke über Plattenkalke geht. Eine Abgrenzung in Karte und Profilen zwischen diesen beiden Varietäten ist nicht durchführbar.

Der Jurakalk schließt versteinerte Meertierreste in großer Mannigfaltigkeit ein. Die darüber liegenden Bohnerztone dagegen enthalten hie und da die Knochenreste von primitiven, kleinen, oft zwergartigen Landsäugetieren alttertiären (mittel- und obereozänen) Alters. Dazwischen fehlen hier, wie dem ganzen südlichen Schwarzwaldrande entlang und in das Juragebirge hinein bis in die Nähe von Biel, die andernortes gewaltigen Ablagerungen der Kreidezeit (z. B. die Gesteine des Säntisgebirges). Es muß also hier nach der Jurazeit bis über die Eozänzeit hinaus lange Festland gewesen und deshalb wenig abgelagert, aber viel abgetragen worden sein. Der Bohnerzton ist die „terra rossa“, das heißt der rostige Auslaugungsrückstand, die Abwitterungsrinde aus der Kreide- und Eozänzeit. Hie und da findet man in demselben noch erkennbare Trümmer der Gesteine der zerstörten Kreideschichten.

Über dem Bohnerztone folgen die Schichtenkomplexe der „unteren Süßwassermolasse“ (Oligocaen), gegen 100 m mächtig. Die oberen Stufen der Molasse sind meistens erst weiter südlich noch erhalten. Auf dem Randen hingegen fehlt die untere Molasse und die jüngere, (Vindobonien) „Randengrobkalke“, eine fast ganz aus Trümmern mariner Molluskenschalen entstandene Uferbildung, ein Muschelsandstein, sitzt unvermittelt dem Jurakalk auf.

Die Schichtfolge in den Umgebungen des Rheinfalles, bestehend von unten nach oben aus oberem Jurakalk, Bohnerzton und unterer Molasse, bildet den Felskörper unserer Landschaft.

Auf die Ablagerung dieser geschichteten Gesteine folgt eine bedeutende Erhebung des ganzen Landes. Die jetzt abgewitterten und weggespülten Massen von Molasse über dem Rheinfallgebiete reichten wenigstens über 600 m

ü. M. hinauf und die erwähnten Randengrobkalke liegen jetzt 900 m über Meer. Es hat somit nach Ablagerung der Molasse eine Hebung unseres Gebietes aus dem Meere um nahezu 1000 m stattgefunden.

In dieses gehobene Felsgerüste ist dann unsere jetzige Landschaft ausgemeißelt, ausgespült und geformt worden. Bewegungen der Erdrinde mögen dabei hie und da das Benehmen der Flüsse und Gletscher beeinflußt haben.

2. Ueberblick des Gestaltungsvorganges.

Fast alle unsere heute sichtbare und auch ein gutes Stück jetzt verborgener Gestaltung des Rheinfallgebietes ist das Werk der Quartärperiode (gleichbedeutend: Diluvialperiode), das ist der letzten Periode in der Reihe der erdgeschichtlichen Vergangenheit. Die Formung vollzog sich aber nicht in einem Zuge und nicht nur nach einer Art. Eintiefen (Erosion) und wieder Aufschütten (Alluvion) griffen hier unter vielfachem Wechsel und Wiederholungen ein und dauerten bis in die Gegenwart fort. Vier- bis fünfmal überfluteten in der Quartärperiode Eiszeiten das Land mit Gletschern, überschütteten es hoch mit Moränen und mit alpinen Geschieben der Gletscherflüsse. In den Zwischeneiszeiten (Interglazialzeiten) dagegen fand wieder Austiefung der Täler durch die Flüsse statt. Die Eiszeiten füllen auf, die Zwischeneiszeiten graben ein. Nicht Gletscher, sondern Flüsse haben hier die Täler geschaffen!

Verschiedene Ursachen können Stromschnellen und Wasserfälle erzeugen. Viele Stromschnellen und Wasserfälle der Schweiz und im Besondern unser gewaltigster, der Rheinfall, ist durch folgenden Hergang entstanden: Nach einer Zeit starker Aufschüttung im älteren Tale, verschob sich der Strom links und rechts auf seiner

Kiesfläche. Bei einer folgenden Wiedereintiefung fand er seine zugeschüttete alte Felsrinne nicht mehr ganz, sondern traf ein Stück weit daneben. Hier stieß er beim Vertiefen auf einen festen Felsvorsprung, von dem er, bildlich gesprochen, nichts mehr wußte, der aber den Vorgang des Einschneidens verlangsamte. Der Unterlauf gewann den Vorsprung in der erneuten Eintiefung, das obere, abgelenkte neue („epigenetische") Talstück blieb im Rückstand in seiner Austiefung und wurde dadurch zur Schwelle oder Stufe, über welche das Wasser stürzend dem schon wieder tiefer ausgeräumten Teil des früheren Bettes zueilt. Vom Bodensee bis Basel hat der Rhein an 17 verschiedenen Stellen ähnliches Schicksal erlebt.

Betrachten wir diesen Vorgang noch näher in seinen einzelnen Zeitabschnitten, wie er sich im Rheinfallgebiete Schritt für Schritt abgespielt hat.

3. Zwischen Tertiär- und Quartärzeit.

Alpiner Schutt, von Strömen angespült, bestehend aus Geröllen, Sanden, Tonen, Mergeln, hatte in der mittleren und jüngeren Tertiärzeit die Molasse in dem Becken zwischen Alpen und Jura-Schwarzwald abgelagert. Unser Gebiet hatte schon aus dieser Ablagerungszeit alpine Flüsse geerbt, die nach Norden strebend, das Land überströmten. In der jüngsten Tertiärzeit (Pliocaen) hatten sie schon untiefe Täler ausgespült, und zwischenliegende niedrige Bergrücken herausgeschält. Für unser Gebiet waren es Zeiten des Abtrages. Jungtertiäre (Pliocäne) Ablagerungen fehlen. Kein besonderes Ereignis trennt hier die Tertiärperiode von der Quartärzeit, während unterdessen in gewaltigen Stauwellen der Erdrinde die Alpen nach Norden vorrückten und an ihrem eigenen aufgepreßten oder vorgeschürften Schutte — den Nagelfluhbergen — aufbrandeten. Als nördlichste Kreideketten (Pilatus — Säntis) sind sie zum Stillstand gekommen. Das Rheinfallgebiet wurde von dieser letzten alpinen Bewegung nicht

mehr sichtlich ergriffen, von Westen her klang sie als Kettenjura in der Lägern aus. Indessen sind spätere Hebungen und Senkungen auch im Verlaufe der Quartärzeit nicht ausgeschlossen.

4. Die erste oder Günz-Vergletscherung.

Die erste auffallende Erscheinung in der Periode, die wir als diluvial oder quartär bezeichnen, war eine erste Eisflut aus den Alpen. Sie hat (von Penck) nach ihrem Vorkommen in den bayrischen Voralpen den Namen der Günzvergletscherung erhalten. Unser Rheinfallgebiet ist vom Eise nur noch wenig gegen Westen überfahren worden. Endwallmoränen finden sich keine, wohl aber liegen bald unter, bald in den mächtigen fluvioglazialen Kiesen, die als „älterer Deckenschotter“ bezeichnet werden, Schichten von Grundmoräne mit vom Gletscher geschrammten Geschieben. Die Gletscher sind also innerhalb der Günzeiszeit mehrere Male etwas vorgerückt und wieder zurückgegangen. Dieser ältere oder höhere „Deckenschotter“, ist in einigen Resten im Rheinfallgebiete erhalten geblieben. Seine Gerölle sind zu einer Nagelfluh („diluviale Nagelfluh“) verkittet, die 20 bis 60 m mächtig ist. Die dolomitischen Gerölle derselben sind oft hohl ausgelaugt, was bei den tertiären Nagelfluhen nicht vorkommt. Das Bindemittel füllt die Lücken zwischen Geröllen meistens nicht vollständig. Arnold Escher nannte dieses Gebilde „löchrige Nagelfluh“ und erkannte bereits sein diluviales Alter, und seine ursprünglich weite deckenförmige Ausbreitung. Ein Rest des oberen (älteren) Deckenschotters liegt oben im Neuhauserwald bei etwa 540 m Höhe dem Jurakalk und der Molasse oben auf und erreicht mit seiner Oberfläche beinahe 568 m. Alpeneinwärts steigt der Deckenschotter höher an (Schrotzburg 663, Irchel 620—670, Ütliberg 750—840 m). Die ursprüngliche Schotterdecke, die vom

Alpenrand bis an Schwarzwald und Jura reichte, ist bis auf solche kleine Reste verschwunden.

5. **Die erste Interglazialzeit** (Günz-Mindel).

Die Flüsse sind durch den Gletscherrückzug wieder vom Überfluß an Geschieben entlastet, sie schneiden sich da wieder ein, wo sie beim Vorrücken und beim Hochstand der Gletscher abgelagert haben. So bringt uns die erste Interglazialzeit eine Vertiefung der Talwege und großer Teile der Oberfläche um etwa 60 bis 90 m, eine sehr bedeutende Verbreiterung der Talböden und eine erste starke Zerstückelung der Decke des Günzschotters. Im Rheinfallgebiet finden wir 80 bis 85 m Vertiefung von der Oberkante des Günzschotters bis zur Unterlage des folgenden Mindelschotters oder „unteren Deckenschotters".

6. **Die zweite Vergletscherung** (Mindel-Eiszeit).

Auch das zweite Vorrücken der Gletscher, die Mindeleiszeit, hat keine End-Wallmoränen hinterlassen; wohl aber überschütteten die Gletscherbäche einen großen Teil der Oberfläche, im besonderen alle die weiten Talebenen, welche die erste Interglazialzeit in den Felskörper eingegraben hatte. Der Mindelschotter ist der eine Stufe tiefere jüngere oder zweite Deckenschotter. In seiner Beschaffenheit ist er dem oberen recht ähnlich. Auch hier trifft man in der Unterlage, oder mitten zwischen den Schotterschichten oft auf Streifen echter Grundmoräne, die, wie beim oberen Deckenschotter, nur wenige Kilometer westlich über den Rhein hinausreichen. Dagegen läßt sich auch der jüngere Deckenschotter in seinen Resten vom Bodenseegebiet bis über Basel mit Gefälle gegen W verfolgen. In der Umgebung des Rheinfalls bildet er auf dem Kohlfirst eine ausgedehnte, gewaltige Decke. Da liegt seine Unterlage bei 490 bis 500 m, seine Oberkante bei 560 m und die Aufschüttung beträgt etwa 60 m. Nördlich

von Neuhausen findet sich ein kleiner Rest des jüngeren Deckenschotters am Galgenbuck bei 480 bis 503 m. Etwas weiter nördlich bildet er einen scharfen Vorsprung, die Hochfluh ca. 510 m, einen besuchten Aussichtspunkt. Die Deckenschotterwand sitzt dort bei ca. 485 m der Molasse auf. Von da erstreckt sich ein langer Streifen nach N, da der Mindeldeckenschotter durch die jüngeren ihn umgebenden Ablagerungen heraussticht. Das kleine Stück Deckenschotter D_2 bei Charlottenfels scheint ein von W abgerutschter Fetzen zu sein. Weitere Reste des Deckenschotters 2 bilden eine Kappe auf dem Geißberg nördlich von Schaffhausen, dem Jurakalk aufliegend bei 490 m mit Oberkante 522 m, ferner am Hohberg W Herblingen (490 bis 520 m) und SW Thayngen (520 bis 540 m).

Die Deckenschotter D_1 wie D_2 sind überall, wo sie genügende Flächen einnehmen, herrliche Quellenspender aus ihrer Basis über der undurchlässigen Unterlage von Molasse.

7. Die zweite oder große Interglazialzeit (Mindel-Riß) und ihre Tiefrinnen.

Die große Interglazialzeit trennt die beiden ersten Vergletscherungen von den zwei (eventuell drei) letzten. Wir müssen ihr eine viel längere Zeit zuschreiben, als irgend einer anderen Interglazialzeit oder Vergletscherungszeit, vielleicht sogar länger als allen anderen Abschnitten der Quartärzeit zusammengenommen. Sie ist die Zeit der kräftigsten Austiefung der Täler im Molasselande, wo sie meistens 150 bis 250 m und mehr vertieft hat. In der Umgebung des Rheinfalls ergeben die Beobachtungen über die Höhendifferenz von Deckenschottern und tiefsten Talrinnen im Felskörper 180 bis 200 m. Weiter alpenwärts nimmt der Erosionsbetrag noch zu. Bei Zürich steigt er auf 400 bis 500 m. Die Alpentäler sind wohl während der großen Interglazialzeit um 1000 bis 2000 m vertieft worden.

In der großen Interglazialzeit gräbt sich der Rheinlauf in unserem Gebiete als tiefe Rinne bis unter 340 m, das ist 30—60 m unter den heutigen Talweg, hinab ein, und die kleinen Nebenflüsse schneiden entsprechende Schluchten ein. Gleich bei Feuerthalen wendet sich die alte Hauptrinne unter dem jetzigen Rheinlauf weg nach rechts (J. Hübscher), geht unter der Stadt Schaffhausen in einem gegen N ausgekrümmten Bogen etwa 500 m vom jetzigen Rheinlaufe weg, und biegt unter Urwerf gegen S wieder unter den jetzigen Rheinlauf (K.). Bei Flurlingen beginnt der jetzige Rhein mit einem großen nach S ausgreifenden Bogen, während die alte Tiefrinne (60 m unter Neuhausen) in seiner Sehne läuft. Der Rheinfall liegt da, wo der junge Bogen auf die alte Sehne trifft. Unterhalb des Rheinfalls läuft der heutige Rhein eine ziemliche Strecke weit senkrecht über der alten Rinne. Bei Flurlingen war das interglaziale Rheintal etwa 300 bis 400 m breit, am Rheinfall kaum 150 m. Die Aluminiumwerke sind in diese interglaziale Schlucht hineingebaut. Gegen S erreicht das Interglazialtal nahe W Rheinau bis über 1 km Breite. Überall von oberhalb Schaffhausen bis über Rheinau hinab können wir den aus der großen Interglazialzeit stammenden, jetzt teilweise zugeschütteten, Talweg des Rheines nachweisen, als tief unter dem heutigen Talweg gelegen, der in stärkeren Ausbiegungen zwei- bis dreimal den ursprünglichen Lauf verläßt.

Etwa ½ km unterhalb des Rheinfalles mündet oberhalb Nol eine enge Tiefrinne, die aus dem Klettgau kommt, und in die alte Rheintiefrinne mündet, wie Herr Hübscher entdeckt und verfolgt hat. (K. und Längsprofil!) Es mag solcher noch mehr geben. Zu Ende der großen Interglazialzeit war unser Land von einem Netz von Felsschluchten durchfurcht. Im Randengebirge N Schaffhausen kennt Herr Hübscher noch mehrere prachtvolle Talepigenesen, wo alte Tieftäler durch Glazialschutt geschlossen sind und neue abgelenkte Talwege sich ausgebildet haben. Ob die Tiefrinne des Klettgaus mit derjenigen des Rheintalweges

in direkter Verbindung stund — sie tangieren sich beinahe — oder ob sie nördlichem Talweg angehörte und noch manche Frage der alten Tal- und Flußgeschichte des Gebietes um Schaffhausen ist noch schwebend. Vor etwa 40 Jahren sah ich im Fundamente eines der Gebäude der Fabrik auf Kettenen an horizontalem Molassefels eine Steilwand, streichend E—W, gegen S abfallend. Etwas Aufgraben des Bodens förderte südlich Rißmoräne und Schotter, anstoßend an die Molassewand. Die Stelle ist nicht mehr sichtbar. Ich hielt sie für den oberen Rand einer Rheintiefrinne, welche S Kettenen, von Feuerthalen gerade gegen Flurlingen gehen mochte. Allein es haben sich seither für eine solche Interglazialschlucht keine weiteren Anzeichen finden lassen. Es kann sein, daß diese lokale Lagerung eine untiefe, unbedeutende Nebenerscheinung ist.

Mehr oder weniger über solchen altglazialen, im Fels ausgeschnittenen Tiefrinnen sind schon oft Bohrungen gemacht worden. Ich verdanke Herrn Hübscher das nachfolgende Verzeichnis von solchen, das die Tatsache der altglazialen Tiefrinnen am sichersten erweist.

Bohrungen im Gebiete der altquartären Tiefrinnen.

Bodensee - Untersee - Rheinfallrinne.

Ort	Oberflächenhöhe	Bohrlochtiefe	Tiefe unter dem Spiegel des Rheins	Bemerkungen
Hemishofen	ca. 397 m	20 m	20 m	Fundation der Pfeiler des Stauwehrs auf Grundmoräne.
Gailingen, oberhalb der Brücke von Dießenhofen	ca. 395 m	20 m	20 m	Wasserfassung für Gailingen. Bohrung im Kies eingestellt.
Dießenhofen, unterhalb der Brücke	ca. 395 m	20 m	20 m	Wasserfassung für Dießenhofen. Bohrung im Kies eingestellt.
Dörflingen, Laggut	ca. 395 m	17 m	17 m	Wasserfassung für Dörflingen. Ueber einem „Nagelfluhfelsen" (Rinnenschotter?) Bohrung eingestellt.
Schaffhausen Rheinhalde	395 m	50 m	50 m	Wasserfassung für Schaffhausen. Bohrung bis auf die Molasse 350 m abgeteuft.
Schaffhausen Kirchhof St. Johann	398 m	14 m	11 m	Einsetzen der Beobachtungsrohre für Grundwasserbeobachtungen. Im alpinen Schotter eingestellt.
Schaffhausen Obertor	406 m			Fundation der Brückenwiderlager 5 m unter Schienenhöhe auf alpinem Schotter.
Schaffhausen Kreuz	392 m	14 m	10 m	Beobachtungsrohr im Schliesand und alpinem Schotter eingestellt.
Neuhausen, Bahntal	394 m	17 m	11 m	Sodbrunnen.
„ Rheinweg	392 m	15 m	11 m	Beobachtungsrohr. Im alpinen Schotter eingestellt.
Flurlingen hölzerne Brücke	391 m	6 m	3 m	Beobachtungsrohr. — Ueber einem „Nagelfluhfelsen" Bohrung eingestellt.
Neuhausen am Rhein unterh. der Station S. B. B.	390 m	27 m	25 m	Wasserfassung für die Verbandstoff-Fabrik im Kies beendigt.
Neuhausen Rheinfallbecken	360 m	17 m	16 m	Wasserfassung für Neuhausen. 2 Bohrungen bis auf eine Felsplatte von weißem Jurakalk.

Bibertal - Fulachtal - Klettgaurinne.

Ort	Oberflächenhöhe	Bohrlochtiefe	Bemerkungen
Thayngen Säge	446	26 m	Wasserfassung f. Thayngen. Bohrung unter Grundmoräne im Kies beendigt.
Thayngen Keßlerloch	434	20 m	Wasserbohrung für das Zementwerk. Im Schliesand aufgegeben.
Schaffhausen Fulachtal	414	27,5 m	Wasserfassung für die Brauerei Falken. Auf Felsen des weißen Jura gestoßen.
Schaffhausen Vord. Mühlental	410	ca. 30 m	Wasserfassung für die Eisen- u. Stahlwerke. Im alpinen Kies eingestellt.
Gächlingen Klettgau	446	62 m	Wasserbohrung für Gächlingen. Auf Keupermergel erfolglos aufgegeben.
Neunkirch Klettgau	426	55 m	Wasserfassung für Neunkirch. Im alpinen Schotter beendigt.

Über die wirkliche Tiefe des altinterglazialen Rheintalweges können uns leider alle diese Sondierungen keine Auskunft geben. Die meisten sind abgebrochen worden, sobald sie ihren engeren Zweck erreicht hatten — mitten im Kies. An keiner Stelle ist ein Querprofil abgebohrt worden. Es wäre ein glücklicher Zufall, wenn eine der Bohrungen die größte Tiefe der Rinne getroffen hätte. Keine liegt in der Mitte der Rinne, alle dem einen Borde nahe. Immerhin haben diese Bohrungen alle wenigstens 16 bis 45 m Tiefe des altinterglazialen Talweges unter dem jetzigen erwiesen, welche Zahlen von der Wirklichkeit nur noch übertroffen werden können. Auch nördlich der Stadt Schaffhausen zieht eine alte Tiefrinne, von E noch W gerichtet. Sie ist bis 33 m tief unter den Boden (410 m) des darüber

N—S kreuzenden Mühletales erbohrt worden. Wahrscheinlich gehört sie dem nördlichsten Rheinarme an, der unter dem Klettgau fortsetzte.

Daß diese alten tieferen Talrinnen, deren es noch mehr, — bekannt gewordene, wie noch erst zu findende — gibt, nach späterer Auffüllung mit Schottern und Moränen zu vortrefflichen Quellwasserläufen (Grundwasserströme) geworden sind, hat uns schon manche schöne gute Grundwasserversorgung ermöglicht, so z. B. für Lugano, Luzern, Baden, Schaffhausen, Neuhausen u. a. (Siehe auch Meister, Jahresbericht der Kantonsschule Schaffhausen 1907 und „Die Wasserversorgungen im Kanton Schaffhausen“ 1927.) Man sollte sich nur bei solchen Wasserfassungen für Ortschaften zum Grundsatz machen, das Wasser am Grunde der tiefsten Stellen der Rinnen zu fassen, statt sich bloß mit den oberen Wasserschichten zu begnügen. Das Tiefste ist das Zuverlässigste in Qualität und Quantität. Solche Fassungen können noch vielerorts gewonnen werden. J. Hug macht darauf aufmerksam, daß die Bohrungen für den Brückenbau Flurlingen erwiesen haben, daß dort der heutige Rhein in vollständig selbst ausgedichtetem Bette über die alte Rinne fließt und dann erst unter trockenem Schotter bei 10 m Tiefe unter dem Rhein das Grundwasser der Tiefrinne folgt. Auch noch an anderen Stellen hat sich gezeigt, daß der Grundwasserspiegel in den Tiefrinnen in das allgemeine Gefälle ausgeglichen ist, und die Stufen und Sprünge der oben liegenden jüngeren Flußläufe nicht mitmacht. In den Bohrungen über der Tiefrinne in der Stadt Schaffhausen zeigt sich überall der Grundwasserstand viel tiefer als der Wasserstand im nahe fließenden Rhein. Dieses Rinnengrundwasser, das den Namen Quellwasser verdient, muß also auch tiefere Abflüsse haben, als die Oberfläche sie bieten kann.

An dieser Stelle sollen die wichtigsten, der Beobachtung zugänglichen Erscheinungen kurz beschrieben werden, welche zur Erkenntnis der alten Tiefrinnen geführt haben.

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen Hft. 10. 1930/31.

Fig. 1. Quer-Profil

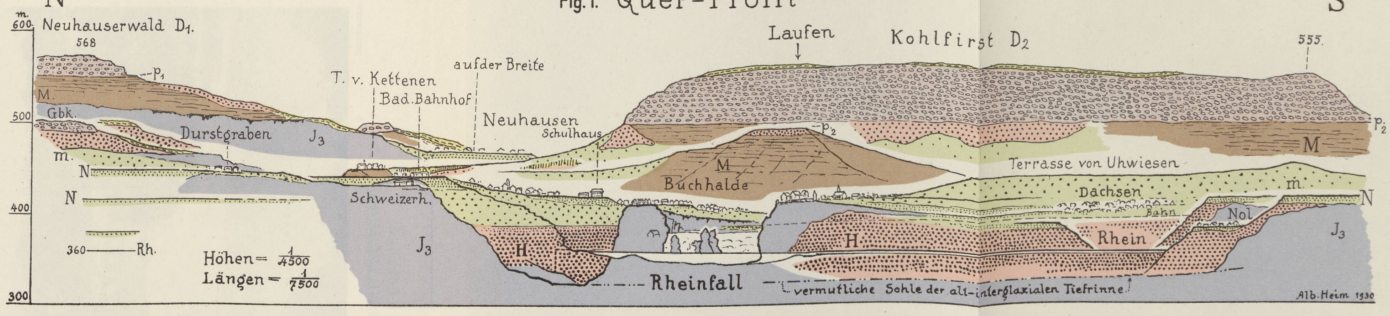
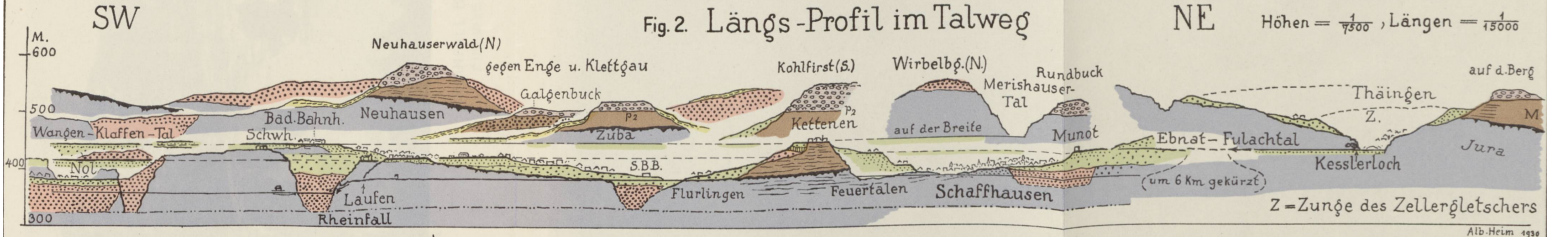


Fig. 2. Längs-Profil im Talweg



Quartär-Ablagerungen (Vergletscherungen)

Fels
- M — Molasse, Bohnerzton
- J3 — Malmkalk (oberer Jura)

- D1 — Oberer (Günz)-Deckenschotter
- D2 — Jüngerer (Mindel)-

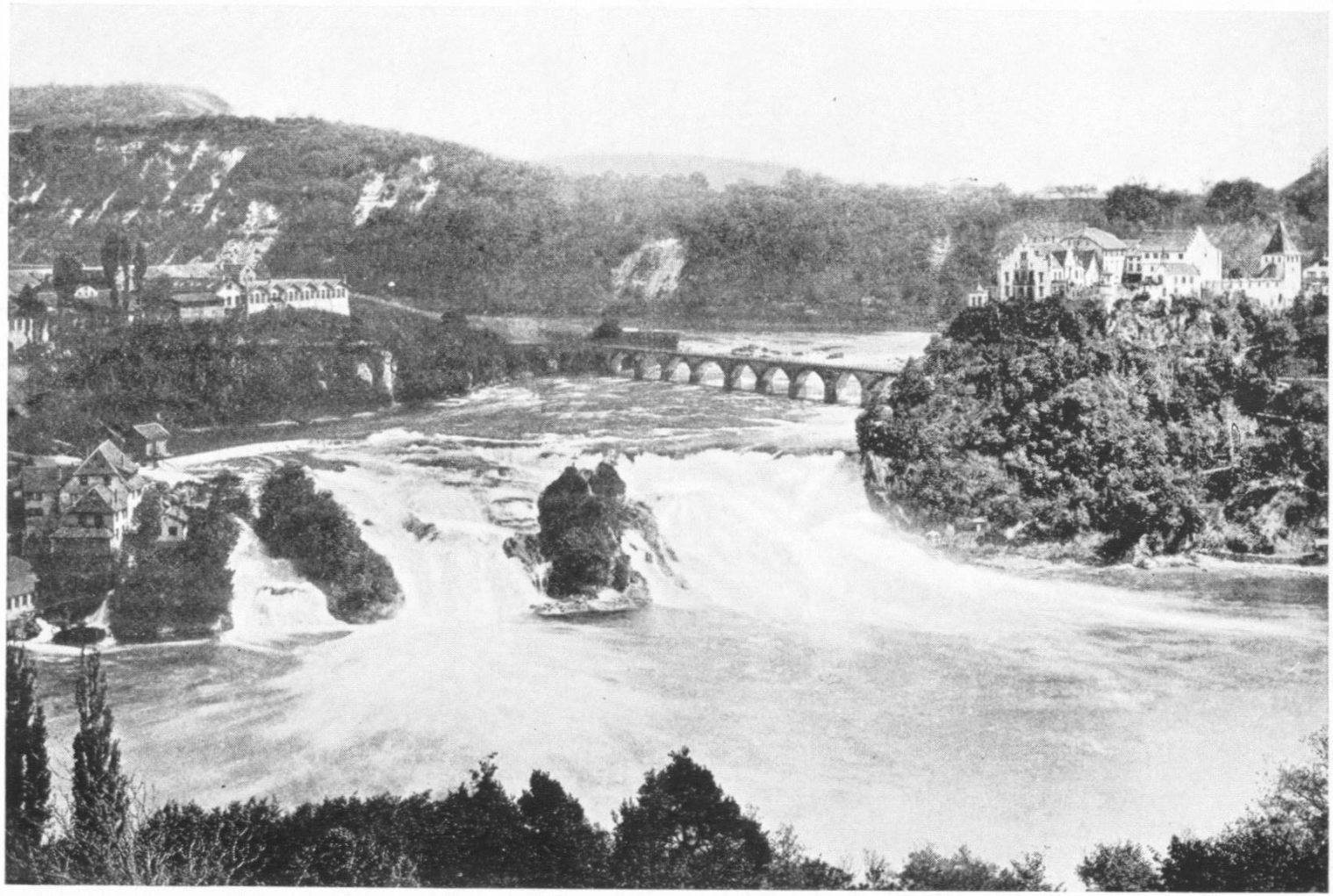
- H — Hochterrassenschotter u. Moränen Riss-Rinnenschotter und Sande
- Quellentuff, Löss u. Lehm } letzte Jnterglazialz.

- m — Moränen
- N — Letzte (Würm)-Vergletscherung Schotter Niederterrassenschotter

P_1 = Präglaziale Oberfläche.

P_2 = Oberfläche vor der zweiten (Mindel-) Vergletscherung.

Kartogr. Anst. Hofer & Co. A.G. Zürich.



C. Koch, Phot. Schaffhausen

RHEINFALL BEI MITTELSTAND
AUS WESTEN GESEHEN

a) Die Abweichung durch Schaffhausen (K.).

Beim Eintritt in die SE Ecke der Stadt Schaffhausen stellt sich der Jurakalkfels im Rheinbett ein, und eine Stromschnelle über demselben begleitet den S Rand der Stadt. Nach den Beobachtungen von Herrn Hübscher wendet sich oberhalb der Stromschnelle die altglaziale Tiefrinne gegen NW unter Kirchhof St. Johann und Obertor in einem Bogen gegen Stockarberg und Urwerf und dann wieder gegen S unter dem jetzigen Rheinlauf. Eine Anzahl von Bohrungen, sowie Beobachtungen in Fundamentgruben haben diese Erkenntnis vermittelt. (Vergl. auch Tabelle der Bohrungen S. 14 u. 15.) Wir kommen auf den Untergrund von Schaffhausen nochmals zurück.

b) Die Kreuzung bei Flurlingen (K. u. P.).

Der Jurakalkfels von Charlottenfels läßt sich am rechtsseitigen Rheinborde gegen S bis nahe an den S. B. B.-Bahnhof Neuhausen verfolgen, setzt aber beim Bahnhof Neuhausen plötzlich auf eine Länge von etwa 500 m aus. Am gegenüberliegenden Ufer bei Flurlingen taucht Molasse unter Jung-Moräne auf. Auf dieser Strecke suchte man vergeblich für die neue Brücke Neuhausen-Flurlingen Felsgrund zur Fundation. Man blieb bis tief unter dem Rhein in Kies und Moräne. Wir wußten das, aber die Brückenbauer glaubten es nicht. 100 m flußabwärts von der neuen Brücke wird das tiefe, ruhig fließende Wasser des Rheines plötzlich auf der ganzen Flußbreite unruhig bewegt und schäumt. Bei Niederwasser tauchen 80 bis 100 Felsköpfe, teils in Gruppen, teils vereinzelt auf. Die obersten zwei Gruppen bilden eine den Strom schief durchquerende Felsschwelle mit einem freien Hauptstromstrich in der Mitte, während von den weiter abwärtsfolgenden Felsköpfen einige gerade in der Mitte des Stromstriches liegen. Der Rhein, der schon in Schaffhausen von der alten Rinne nach links abgewichen ist, überquert dieselbe hier zum zweiten Mal nach links. Schon der „Plan de la Chûte du Rhin“ von J. L. Peyer 1826 zeigt diese Felsschwelle richtig an.

c) Die epigenetische Schwelle (vergl. K. u. P.).

Von dieser Stelle an fließt der heutige Rhein in einem großen, 1½ km langen Bogen bis an den Rheinfall stets in dem Kalksteinfels. Das ist das jüngere, noch 385 bis 380 m hoch liegende, epigenetische Bett. An manchen Stellen schäumt hier bei Niederstand das Wasser an den Felsköpfen, und einige Felsriffe bilden kleine Inseln. Besonders ausgeprägt ist eine Felsschwelle etwa 50 m oberhalb der Mitte der Eisenbahnbrücke. Im Rheinfall endlich stürzt der Strom über die linksseitige Schluchtwand 20 m hoch hinab in die alte Rinne. Er hat sie wiedergefunden und braust ihr sein Freudenlied, aber ihren Grund erreicht er nicht.

d) Rechtsseitig unterhalb des Wasserfalles (K. u. P.).

Am auffallendsten zeigt sich die alte Tiefrinne am steilen nördlichen Hintergrunde des Rheinfallbeckens. Der Kalksteinfelsen, der im rechtsseitigen Rheinbord unter dem Wasserfall das Fallbecken (mit 360 m Niveau) bis auf die Höhe von 410 bis 440 m halbkreisförmig überragt, ist keine geschlossene Felsstufe. Er hat eine Lücke von 200 m Breite, gerade im nördlichsten Teil der Beckenwand. Die Lücke im Fels ist zugestopft mit horizontal geschichtetem, verkittetem Schotter („Rinnenschotter", „Rißschotter", „Hochterrassenschotter", „Schotter der größten Vergletscherung") bis 390 m Meerhöhe. Darüber folgt tonige Grundmoräne der letzten Vergletscherung 35 bis 40 m hoch, dann Kies und Moräne der letzten Vergletscherung bis 440 m (badischer Bahnhof). Diese so verstopfte Lücke im Kalkfels ist unsere Altrinne. Und das Fallbecken ist die Wiedervereinigungsstelle von Neurhein mit Altweg. Am Nordrande des Fallbeckens vor der Felslücke treten hier bei Niederstand starke Quellen in den Rhein. Zur Wasserversorgung von Neuhausen empfahl ich 1872, hier erst mit Stollen dem Wasser entgegen in den Rinnenschotter ca. 20 m weit einzudringen und dann mit Schacht oder Bohrung die Wasserfassung aus der Tiefe der Rinne zu vollziehen. Dies geschah 1872, und wurde er-

gänzt 1919. Man schachtete bis 17 m unter Stolleneingang. Dort stieß man bei 344 m Meerhöhe auf den Kalkfels. Das ist kaum gerade die tiefste Stelle der Rinne, diese liegt wohl etwas weiter und tiefer gegen E. Das reichliche Wasser bedient, verbunden mit Pumpwerk und Reservoir, Neuhausen. Diese Fassung hat uns also in das Innere der Tiefrinne geführt, und uns gezeigt, daß diese wenigstens auf 344 m hinabreicht und zur Quellrinne geworden ist.

e) An der nördlichen Bahnlinie und am Schloß Laufen (K. u. P.).

Gerade hoch über den oben genannten Fassungen mußte die Eisenbahnlinie Eglisau—Schaffhausen am Gehänge in 410 bis 405 m Höhe den Fallbeckenzirkus umfahren und die Altrinne zwischen je einem Felseinschnitt und Felstunnel jederseits durchqueren. Die Bahn liegt hier schon über den bis 390 m reichenden nagelfluhartig verkitteten Rinnenschottern in dem nur spärlich mit geschrammten Steinen durchsetzten Grundmoränenton. Durch den Anschnitt der Grundmoräne beim Bahnbau entstunden Rutschungen, die hoch hinauf griffen, so daß sogar das Steigrohr der Wasserversorgung zerriß. Der Bau wurde sehr schwierig. Gemauerte mächtige Pfeiler mußten auf den verkitteten Rinnenschotter hinab fundiert werden.

Der kurze Tunnel unter der Waggonfabrik von Neuhausen traf gleich in seinem westlichen Voreinschnitt auf die typische glatte, mit Hohlkesseln besetzte linksseitige Kalksteinwand des Canions aus der großen Interglazialzeit. Auf seiner ganzen Länge von noch etwa 125 m durchsticht der Neuhausertunnel den Jurakalk und im östlichen Voreinschnitt des Tunnels bleibt die Bahn bis ganz nahe vor dem S. B. B.-Bahnhof Neuhausen im Ganzen auf 650 m Länge in Kalkfelsen und Bohnerzton und dies südlich der alten Tallinie und nördlich des neuen epigenetischen Felsbettes.

Man kann die linksseitige Wand der alten Felsschlucht vom westlichen Neuhausertunnel-Voreinschnitt westlich

hinab bis an das Becken unter dem Fall verfolgen. Die südwestlicheren Gebäude der Aluminiumwerke stehen ganz oder zum Teil auf dem Kalksteinfels, die nordöstlichen auf der Rinnennagelfluh. Die Felsgrenze biegt dann aus Richtung gegen W in Richtung gegen S um und läuft, anscheinend keine 20 m vor dem Fuß des Wasserfalles, durch das Fallbecken. Linksseitig des Rheines steht Schloß Laufen auf Jurakalkfels, der Fortsetzung der gegenüberstehenden Kalksteinterrasse, die rechts über dem Wasserfall sich erhebt. Das sind die zwei Torpfosten, zwischen denen der Rhein seinem altdiluvialen Tale zustürzt. Dicht westlich des Felsens von Schloß Laufen stoßen von unten bis oben an fast senkrechter Fläche Jurakalk und alte Rinnenschotter zusammen — das ist wieder ein Stück linksseitiger Talwand der Altrinne. Im Becken unter dem Fall wendet der Rhein sich um 90° nach links.

f) Unterhalb des Rheinfalles (K. u. P.).

Vom Fallbecken weg bleiben dann gegen S auf mehr als 2 km Länge beide Ufer des jetzigen Rheines im Rinnenschotter ausgeschnitten. Der neue Talweg ist also in den altdiluvialen eingeschachtet, aber ohne dessen Boden zu erreichen. Die beidseitigen Talwände der alten interglazialen Rinne stehen hier 750 bis etwas über 1000 m weit auseinander. Das alte viel tiefere Tal läßt sich aber noch weiter gegen S an den Steilborden der eingeschnittenen und seitlich darüber hinausgreifenden jetzigen Serpentinenbogen des Rheines verfolgen. Von Dachsen bis Rheinau findet man 8 Schnittstellen des jetzigen Rheinbordes mit den Gehängen des alten Talweges.

Im rechtseitigen Rheinbord hat Herr Hübscher am oberen Ende der Terrasse von Nol noch die Mündung einer von NNE aus dem Klettgau kommenden Tiefrinne erkannt, die ebenfalls von Rißschotter und Moränen eingedeckt ist (P.). Dieser Seitenarm aus dem Klettgau ist schon zu Beginn der größten Vergletscherung abgestorben. Von dieser Stelle an talabwärts sticht von Zeit zu Zeit

der Kalkfels wieder aus seiner Überkleisterung mit Rißschotter heraus, alte Rinnenwandstücke stehen entblößt.

Den so häufigen altinterglazialen, 30 bis 100 m übertieften, jetzt mit Schutt aufgefüllten Rinnen im Alpenvorlande entsprechen alpeneinwärts die Untergründe der mit Wasser überstauten „Talseen“ oder „Randseen“ und die am Nordgehänge um 100 bis 200 m, am Südabhang der Alpen bis über 500 m mit Wasser oder Kies zugeschütteten Felsgründe der großen Talböden.

Gegen Schluß der großen Interglazialzeit erreichte die Eintiefung der Talwege ihr Ende. Die bergsturzreichen, steilen Alpentäler sandten jetzt mit Geschieben übersättigte Flüsse ins Vorland und bis an Schwarzwald und Jura. Gleichzeitig, wahrscheinlich in Folge einer isostatischen Einsenkung des mit Deckfalten überbürdeten Alpenkörpers, verminderte sich das Gefälle der Täler gegen die Umgebungen hin. Während der ganzen Quartärzeit mögen öfter Bewegungen in der Erdrinne, Hebungen und Senkungen den Wechsel von Erosion und Alluvion bedingt haben.

8. Die Zeit der größten Vergletscherung oder Rißeiszeit.

(Immer verglichen K. und P.)

Wieder rücken die Gletscher aus den Alpentälern vor und bilden das größte Binneneis im Vorlande. Sie erreichen den Schwarzwald, sie überfluten den Jura bis auf eine Anzahl Nunataker. Schon während der Interglazialzeit lagern sich mächtige Vorboten als interglaziale Schotter ab. Diese gehen ohne Grenze über in die „Vorstoßschotter“ der Gletscher. Dann folgen ausgedehnte Grundmoränen, die äußersten erratischen Blöcke, wenige Endmoränen und zuletzt die Rückzugsschotter und Sande. Vielleicht war die Rißeiszeit zweiteilig. Die gesamten Schotter dieses Zeitabschnittes haben verschiedene Namen erhalten. Nach ihrem Alter heißen sie Rißschotter

oder Schotter der größten Vergletscherung, nach ihrer Lage Rinnenschotter oder Hochterrassenschotter (H unserer graphischen Beilagen). Wenn auch vielfach verdeckt, verborgen und nicht ins alpine Gebiet reichend, sind sie doch die mächtigsten Schottermassen im ganzen Quartär. Sie schütten zunächst, schon gegen den Schluß der großen Interglazialzeit, die tiefen Rinnen zu, welche die vorangegangene große Interglazialzeit ausgespült hatte („Rinnenschotter"). Dann füllen sie breite Täler aus und überdecken im Rheinfallgebiete alle Formen bis auf ca. 550 m Höhe (auf der Enge, beiderseits des Klettgau etc). Die Hauptmasse sind mehr oder weniger verkittete Kiese. Grundmoränen fehlen unter den Vorstoßschottern, dagegen liegen sie über denselben und in Streifen innerhalb der ganzen Schottermasse; vielfach sind sie wieder von Rückzugsschottern bedeckt. Die Rißschotter und Rißmoränen umkleistern manche Molasseberge und Juraberge hinauf bis über den Rand ihrer präglazialen Oberfläche (Buchhalde, Kohlfirst, Neuhauserwald u. a.). Sie überdecken auch noch den jüngeren Deckenschotter (Engewald NW Liebenfels) oder umbranden dessen Reste (Galgenbuck, Kohlfirst). Dagegen scheinen sie die Hochflächen des Günzschotter (Neuhauserwald) als Nunataker belassen zu haben.

Rücksichtslos wie die Vertiefung der Talwege in der großen Interglazialzeit am Werke war, so rücksichtslos arbeitete in der Rißzeit die Auffüllung. Die Talfurche von Neuhausen wurde wohl etwa 200 m hoch eingedeckt. In der Enge und im Klettgaugebiete reichen die Hochterrassenschotter und Rißmoränen bis auf 574 m Meerhöhe. Sie sind oft überdeckt, überkleistert durch jüngere Gebilde. Aber sie sind im Verborgenen viel gewaltiger als im äußeren Anschein.

Auch im Rheinfallgebiete ist der Rißschotter oft verkittet. In überhängenden Nagelfluhbänken finden wir ihn in der Felslücke N des Fallbeckens (360 bis 390 m) und im

Stollen der Neuhauser Wasserfassung hinab bis 344 m. Er bildet beiderseits des Rheinlaufes unterhalb Schlößchen Laufen und Wörth fast durchweg die ca. 40 m hohen Steilborde der Ufer. Im höheren Teil der Rheinfallumgebung (Dorf Neuhausen etc.) sticht er nur selten aus den überkleisternden jüngeren Moränen heraus. Auf der Enge (540 m) und im Klettgau ist er noch weit ausgebreitet entblößt. Ein Teil des Klettgau ist ganz im Rißschotter eingetieft. Rißschotter sind entblößt am Rundbuck E Nol bei 440 m, am Tobelrain, im Spitalwald Enge bis 554, Wirbelberg 557, Buchberg 550, Längenberg S-Ende 560, Brand 553, die meisten Genannten N von Schaffhausen und an andern Orten (K.).

Im Rißglazialen herrschen im Allgemeinen die Schotter weit vor über die Moränen. Oft gehen sie ineinander über und der aufnehmende Geologe ist im Zweifel, ob er Moräne oder Schotter notieren soll. Reichlich moränenhaft ist der Rißschutt im Neuhauserwald. Sehr schöne Rißgrundmoräne mit ausgezeichnet geschrammten Geschieben war einst unter dem Kalktuff von Kettenen bei 450 bis 460 m entblößt. Streifen toniger Grundmoränen sind am häufigsten zwischen den oberen Lagen des Schotters eingebettet. Die mächtige Auffüllung, welche die größte Vergletscherung unserem Gebiete gebracht hat, besteht weit vorherrschend aus Schottern und Sanden. Auch in weiterem Umkreis findet man nur flache Grundmoränen aus der größten Vergletscherung und zerstreute erratische Blöcke, und selten sind stumpfe blockreiche Wallmoränen erhalten ((K.), SW Hofstetten). Die größte Vergletscherung hat sich wohl am weitesten gegen NW über unser Gebiet hinaus verbreitet, aber anscheinend nicht sehr lange gedauert.

9. Die dritte oder letzte Interglazialzeit.

Wieder folgt eine Zwischeneiszeit, die Riß-Würm- oder letzte Interglazialzeit. Flüsse aus den Alpen, die sich wahrscheinlich zum Teil schon in alpinen Randseen geklärt hatten, überströmten unser Land. Sie haben mehr

Kraft als Last. Sie spülen einen großen Teil des Hochterrassenschotters wieder aus und führen den Schutt des Schuttes weiter talauswärts. Die alte Rheinlinie wird bei Neuhausen von 550 m Höhe wieder eingetieft auf 390; also 160 m Hochterrassenschotter wird abgetragen! Tiefer aber reichen Erosionskraft und Gefälle der letzten Interglazialzeit nicht mehr. Ihre Einschnitte vermochten nirgends den Boden der Tiefrinnen zu erreichen. Der Klettgauertalweg bleibt viel höher mit Rißschotter aufgefüllt, als der Neuhauser, indem zwischen Enge und Schaffhausen der große Rheinarm, der durch das Fulachtal ins Klettgau ging, weggestaut oder südlich abgelenkt, abgegraben worden war. So sind denn im Klettgau ungeheure Massen von Rißablagerungen geblieben. Das Wasser der letzten Interglazialzeit vermochte dort nur eine Talaustiefung von 550 m auf 450 bis 440 m hinab zu erreichen. Der Rheintalweg bei Neuhausen dagegen schnitt sich im gleichen Zeitabschnitt um 50 bis 60 m tiefer ein. Bis heute ist das Klettgau flußlos geblieben. Der größte Teil seines Abflusses ist Grundwasserstrom.

Die letzte Interglazialzeit hat in unserem Gebiete nicht nur geschleift und genommen, sie hat auch gegeben. Quellen aus dem Deckenschotter des Kohlfirst haben die jetzt größtenteils ausgebeuteten 12 bis 15 m mächtigen Quellentuffe auf Kettenen, N ob Flurlingen, 60 m über dem Rheine in 450 bis 470 m abgesetzt. Diese Kalktuffe liegen teils auf Rißgrundmoräne, teils auf dem stark verwitterten Rinnenschotter, und sie werden überdeckt mit Moränen der letzten Vergletscherung (Jungmoränen). Zur Zeit sind die Lagerungsverhältnisse nicht mehr deutlich zu erkennen, indem Ausbeute und Abrutschungen sie gestört haben. Daß die Tuffe zwischen zwei Moränen gelagert waren, war mir früher in einem gewissen Stadium des Tuffbruchbetriebes klar sichtbar. Ebenso wird das interglaziale Alter des Flurlinger Kalktuffes bewiesen dadurch, daß Meister im Tuffe einen Kiefer von Rhinoceros Merkii gefunden hat, das überall, wo es bisher in der Schweiz ge-

funden worden ist, nur der letzten Interglazialzeit angehört. Die Tuffe enthalten massenhaft Pflanzenabgüsse. Weitaus vorherrschend ist Bergahorn, dann Buxus sempervirens, Buche fehlt (L. Wehrli). Schieferkohlen, wie sie an zahlreichen andern Stellen zwischen den Moränen der größten und der letzten Vergletscherung vorkommen, sind im Rheinfallgebiete nicht gefunden worden.

Dagegen ist an vielen Stellen das Land in der letzten Interglazialzeit mit feinem kalkig-tonigem bis sandigem Staub überschüttet worden, den die Winde aus den zurückgebliebenen Grundmoränen der größten Vergletscherung ausgeblasen haben mögen. Dieser „L ö ß“ ist nur als dünne Bedeckung auf Flächen zu finden, die seit Schluß der größten Vergletscherung nicht mehr abgetragen und nicht mehr überdeckt worden sind. Er liegt auf den Aufschüttungsoberflächen des Hochterrassenschotters, oder auf Felsen, die über diesen Schotter hinausragen, in unserem Gebiete erst bei über 450 m und bis 515 m (K.). Fossilien sind bisher hier im Löß noch keine gefunden worden, wohl aber im Klettgau. Was unsere Karte als Löß bezeichnet, ist vielleicht nicht immer echter Löß. Es ist manchmal ein feiner gelber Sand, der vielleicht auch teilweise aus Wasser abgesetzt worden ist, und der teilweise interglazial, teilweise aber auch postglazial sein könnte.

10. **Die Zeit der letzten oder Würm-Vergletscherung.** (K. u. P.).

Wieder folgen mächtige Veränderungen in unserem Lande. Wiederum ist es eine Eiszeit, die den Boden mit alpinem und Molasseschutt erhöht, selbst im Gebiete der Gletscherzungen. Von einer tal- und seebildenden „Aushobelung des Untergrundes“, wie manche sie sich denken, ist auch hier gar nichts zu finden.

Der große Rheingletscher verbreitete sich gewaltig fächerförmig gegen W und N nach seinem Austritt aus dem st. gallischen Rheintale in das Bodenseegebiet, und

verzweigte sich gegen W. Angepaßt an die Terrainformen entströmten ihm aus wenigstens vier Gletscherzungen vier große Gletscherströme, in die sich sein Schmelzwasser teilen mußte: Überlinger-, Zeller-, Steiner- und Amriswil-Thurer-Arm. Spätestens in der Umgebung von Schaffhausen vereinigten die ersten drei sich zum Rheine. Als vierter getrennt mag noch lange ein Thurarm bestanden haben.

Mit dem Vorrücken der Gletscher rückten auch die Talaufschüttungen mit fluvioglazialen Kiesen vor. Moränen wurden darüber gesetzt, mit Rückschwankungen wieder Schotter aufgehäuft, mit Vorrücken Moränen darüber — alles gehäuft in mehrfachem Wechsel. Die gewaltige deutliche westliche Endmoräne des Würmgletschers geht von Enge über Jestetten, 1 bis 3 km westlich des Rheines. Dann zieht sie der Nordseite des Irchels entlang gegen SE. Was wir von glazialem Schutt der Würmzeit in der Umgebung des Rheinfalles sehen, liegt alles innerhalb dieser westlichen Endmoräne und ist deshalb meistens Grundmoräne, Moränen verschiedener Art, verschwemmte Moräne, nur selten sauberer Kies. Eine schöne Terrassenaufstufung konnte sich hier unter dem Gletscher nicht entwickeln. Sie fehlt. Unordnung im Material und seiner Lagerung herrscht vor, wie das unmittelbar innerhalb der Endmoränenbögen die Regel ist. Alpeneinwärts von den äußersten Moränenwällen kann man das Material nicht klar gliedern. Der Gletscher hat es überall, meistens bis 500 m Meerhöhe hinauf, den durch die Erosionen der letzten Interglazialzeit herausmodellierten Formen des Bodens aufgeladen. Er hat Täler damit gefüllt und Gehänge eingehüllt. Erst die nachfolgende Erosion, die dem Gletscherrückzug folgt, bringt wenigstens äußere Formung in die plumpe Masse. Sie schneidet aus ihr durch wechselnde vertiefende Epochen mit solchen, die durch Serpentinen verbreitern, ganze Systeme von Terrassen heraus. Solche Erosionsterrassen sind im Gegensatz zu den Accumu-

lationsterrassen weniger gesetzmäßig geformt; rechte und linke Talseite entsprechen sich oft nicht. Die Erosionsterrassen bilden sich von unten nach oben aus, die Aufschütterungsterrassen dagegen wachsen und verlängern sich von oben talauswärts. Ein weiteres wichtiges Merkmal der Erosionsterrassen besteht darin, daß ihre Ebenen oft durch mehrere verschiedene Gesteinsarten, durch wechselvoll gelagerten Fels wie durch Schutt rücksichtslos einheitlich sich einschneiden. Ihre Höhe hängt eben nicht vom Gestein, sondern von ihrer Erosionsbasis und der Flußstärke ab. Sie entstehen durch Wegnehmen von Gestein, während die Accumulationsterrassen durch eine neue eigene Ablagerung erst sich selbst aufbauen.

Meister gelangte dazu, in der Ausmodellierung durch Flüsse und Bäche in der Umgebung von Schaffhausen aus der Würm-Eiszeit und Postglazialzeit 12 Lokalphasen zu unterscheiden. Die große schöne Regelmäßigkeit und die von Hug gefundene Zweiteiligkeit in den „Niederterrassen“ bis nach Basel hinab findet sich erst „extramorän“, d. h. westlich unterhalb der großen Würmendmoräne, also erst weit außerhalb des Rheinfallgebietes, wo die geschiebereichen Gletscherflüsse ohne Störung durch den Gletscher ihr Aufschüttungswerk vollbringen konnten.

Es bleibt Geschmacksache, ob wir eine Eiszeit endigen und eine Postglazialzeit beginnen lassen wollen mit dem Rücktritt des Gletscherendes von der äußersten Endmoräne, oder erst dann, wenn der Gletscher in der Hauptsache aus dem Vorland weggeschmolzen ist, und seine Enden in den Alpentälern liegen. Ich halte mich hier mehr an die letztere Auffassung, und will die Grenze zwischen Würmeiszeit und Postglazialzeit nach den Moränen des „Bühlstadiums“ im Rückzug setzen. Natürlich handelt es sich stets um allmählige Übergänge (vergl. Tabelle über das „Diluvium des schweizerischen Mittellandes“ in Alb. Heim, „Geologie der Schweiz“, Bd. I, S. 344). So fällt die größte höhere Erosionsterrassierung in der Umgebung

von Rheinfall und Schaffhausen noch in die Zeit der letzten Vergletscherung, d. h. ihrer Rückzugsstadien; die Entstehung des Rheinfalls aber erst in den Beginn der Postglazialzeit. Penck, Meister, Hug, Schalch haben die Erosionsterrassen aus der Zeit des Gletscherrückzuges und der Postglazialzeit eingehend verfolgt und zum Teil kartiert und daraus die wechselnden Läufe des Rheines verfolgt. Wir wollen nur wenige Merkpunkte aus diesen teilweise etwas verworrenen Dokumenten zur Geschichte der Auspülung und der Vollendung der heutigen Landschaft heraussuchen.

11. Aus der Zeit des Rückganges der letzten Vergletscherung.

Der Rhein ist wohl schon während des Maximums der letzten Vergletscherung durch die Endmoränen von Schaffhausen—Enge—Jestetten, das ist der westliche Endmoränenzug der Würmevergletscherung in unserem Gebiete — vom Klettgau für immer abgedämmt worden. Den Talboden von Enge (445 m) gegen Beringen (Klettgau) kann man eben noch als letzte fluviaglaziale Aufschüttung des Maximums der Würmevergletscherung erkennen. Dieser „Niederrassenschotter“ — so nennt man alle Gletscherbachschotter der letzten Vergletscherung — liegt auf der Riß-, Würm-, interglazialen Erosionsfläche, die das Klettgau beherrscht, eingeschachtelt im Rißschotter. Es ist gewissermaßen der letzte Gruß des Rheines in seinen alten Klettgauerarm. Das Klettgau bleibt ein flußloser Taltorso.

Ein anderer Rheinarm (stets verglichen P. Fig. 1 und 2) durchbricht die Endmoränen durch Klaffental 440 m, Jestetten 435 m und erreicht das Wangental, das ihn seitlich ins untere Klettgau führt. Etwa gleichzeitig damit ist ein ausgedehnter Talboden ausgeschnitten worden, dessen Überbleibsel uns in den Terrassen des badischen Bahn-

hofes 440 m von Neuhausen-Zuba 450 m und von Kettenen 450 m erhalten geblieben sind. Diesem Talbodensystem gehören auch linksseitig das Plateau W Uhwiesen (ca. 440 m), rechtsseitig NW Schaffhausen die Breite (460) und die Böden des Hemmenthaler- und Merishauser-Tales (460—480) an. Aus der großen Terrasse von Uhwiesen erhebt sich im NE eine ausgeprägte Terrassenfläche von 490 m. Ihr Abhang gegen den Rhein wird ganz von Molasse gebildet, nur eine ganz dünne Decke von Hochterrassenschotter liegt darauf. Dieser (K. und P.) Gipfelberg der Buchhalde ist ein nur wenig abgetragener Rest der vorglazialen Oberfläche, die Fortsetzung der Unterlage des Deckenschotters am Kohlfirst (P.).

Die Talausspülung schreitet fort und wechselt mit Schwankungen nach links und rechts und mit vorübergehenden Pausen und Stillständen. Durch solche Wechsel entsteht z. B. die kleine Nebenterrasse Hotel Schweizerhof und manche andere lokale Stufen, die vom großen Hauptsysteme nicht wesentlich sich entfernen, und ihm eingerechnet werden müssen.

Die erste große Stufe der Talbildung innerhalb der westlichen Würmendmoräne aus den Rückzugszeiten ist also diese weit verzweigte große Wangental-Uhwiesen - Badisch - Bahnhof - Kettenen-Merishausertal-Stufe, die in der Umgebung des Rheinfalles in markanten Terrassen und randenwärts noch in Talböden erhalten ist (P.).

Ein zweites Terrassen- und Talbodensystem folgt etwa 30 m tiefer. Es ist wiederum ein weit ausgebreitetes, scharf ausgeprägtes Hauptterrassensystem (P.). Von talauswärts, nach oben geordnet, gehören ihm folgende Flächen an: Altenburg und W über Nol 400 bis 420 m, Dorf Dachsen (um 400), Neuhausen-Kirchackerschulhaus 415, Schloß Laufen 414, S über Feuerthalen 425, Munot 435, auf dem Ebnat bis 440, hinauf in den Talboden des Fulachtales 430 bis 440 m. Die letztere Zahl bezieht sich auf den Talboden neben dem Keßlerloch. Diese Terrassen

(P. Fig. 2) bilden einen Terrassenzug, dessen verschiedene Stücke ziemlich gleichzeitig und anhaltend einen zusammenhängenden Talweg gebildet haben müssen. Derselbe war von geringem Gefälle, weil von einem starken Flusse geschaffen. Das obere Fulachtal war als die Gletscherabflußrinne des Zellerarmes des großen Rheingletschers, also als ein Teilrhein entstanden. Durch die Eintiefung des Talbodens: Fulachtal-Altenburg (440 bis 400 m) ist der Rheinüberlauf durchs Wangental, der etwa 30 m höher stund, vollständig abgegraben worden; dem ganzen Klettgau ist damit aller Rheinzufluß abgeschnitten.

Das Terrassen- u. Talbodensystem Altenburg-Fulachtal bringt uns noch weitere Aufschlüsse: Das Fulachtal war oben abgeschlossen durch das Zungenende des Zellerarmes des Rheingletschers. Etwa 1 km W Thayngen lagert er auf dem Wippel rechtsseitig, und ferner am „Berg“ linksseitig des oberen Einganges ins Fulachtal starke Endmoränen ab, Blöcke von Rofnaporphyroid; während sein gewaltiger Ausfluß den Felsboden des Fulachtales teils ausschleift, teils mit wenig mächtigen Schottern bedeckt. Wieder setzt das Zurückschmelzen der Gletscher ein. Unter dem abschmelzenden äußersten Zipfel des Zellergletschers erscheint der Kalkfelsen und in demselben die Höhle „Keßlerloch“ bei Thayngen! Die Höhle ist noch nicht zugänglich. Der große Gletscherfluß versperrt den Zutritt. Bei Stand des Gletschers zurück westlich Thayngen und Biethingen 442 m gewinnt das Schmelzwasser größeres Gefälle rückläufig dem Gletscherrande entlang gegen SE. Es wendet sich und mit ihm auch die von N kommende Biber gegen SE und erreicht den tiefer liegenden (397 m) Rhein bei Bibern unterhalb der Endmoränen von Stein am Rhein.

Gleichzeitig hat der südlichste Hauptzweig des Rheingletschers nahe oberhalb Schaffhausen bei Feuerthalen und Langwiesen starke Endmoränen hinterlassen. Stillstände im Rückzug veranlassen große Endmoränen. Drei solche sind ausgesprochen. Im Boden des Zellerarmes: Thayngen,

Gottmadingen, Singen; im Hauptrheinarm: Feuerthalen-Langwiesen, Dießenhofen, Stein; im Thurarm: Ossingen, Stammheim, Nußbaumen, im Linthgebiet Killwangen, Schlieren, Zürich.

Mit dem Abweichen von Biber und Zellerrhein nach SE in den Steinerrhein ist auch dem Fulachtal sein Wasser weggenommen. Die alte Gletscherbachrinne wird zum toten Tal. Nur noch ein Bach, genährt vom Grundwasser des oberen Bibertales und von kleinen Seitenbächen, bleibt dem engen merkwürdigen Felsental. Bei Hochwasser führt seit dem Absterben des Rheinarmes die Fulach nur noch sandigen Schlamm, überschwemmt damit ihre Ufer und lagert den schlammigen Hochwassersand seitlich bis an den Gehängefuß auf den älteren fluvioglazialen Kiesen oder dem Felsboden ab. Geschiebe bringt sie kaum mehr. Der Zutritt zum Keßlerloch ist frei geworden!

Meister hat nun festgestellt, daß die paläolitischen Abfallhaufen, ausgeschüttet aus der Höhle Keßlerloch, in ihrem tiefsten Teile dem fluvioglazialen Kiesboden des Fulachtales aufsitzen, und sich dann nach oben und vorne mehr und mehr mit den Überschwemmungsschlammsanden mischen, derart, daß er bestimmt erklären konnte, daß das Keßlerloch erst bewohnt war, nachdem Rückgang der Rheingletscher-Zellerzunge hinter Gottmadingen und Singen, vielleicht erst seitdem der Gletscher in die Umgrenzung des Bodensees zurückgeschmolzen war. Die Höhlenfunde des Keßlerloches, d. i. die Kulturperiode des Magdalenien, beginnt somit hier nach den ersten großen Rückzugsstadien der Würmvergletscherung — jedenfalls erst nach dem „Schlierenstadium“ (J. Hug) und dauert dann durch die postglaziale Epoche fort, vielleicht bis nahe an deren Schluß.

Wir wollen, es ist das freilich etwas willkürlich, die Grenze zwischen der Zeit des Rückzuges von der letzten Vergletscherung und der sogenannten Postglazialzeit dahin setzen, wo die Zerteilung des Rheinwassers in mehrere

Gletscherbäche ihr Ende hat, und Menschen mit alpin-arktischen Tieren das Land bewohnen. Selbstverständlich ist diese Grenze nicht fest ausgeprägt. Die Zeiträume und ihre Vorgänge gehen ineinander über.

12. Postglazialzeit, Entstehung des Rheinfalls.

Zu den bedeutendsten Fundstellen aus der Postglazialzeit gehört unser „Keßlerloch“ bei Thayngen, entdeckt und zuerst ausgebeutet von den Lehrern Merk und Wepf, später fortgesetzt von Heierli u. a. und die benachbarte Stelle unter überragendem Felsen, genannt „Schweizersbild“, entdeckt und ausgebeutet von J. Nüesch. Eine ganz kurze Charakteristik dieser altsteinzeitlichen (paläolithischen) Funde mag hier am Platze sein. Die Ausbeute der genannten Stellen hat eine ungeheure Masse von Fundstücken geliefert und ist von verschiedenen Forschern bearbeitet worden.

Hier hat der Mensch als Jäger gewohnt und gelebt. Die markführenden Knochen der Wildtiere sind alle aufgeschlagen, die kolbigen Gelenkköpfe und andere markfreie Knochen dagegen sind alle unversehrt geblieben. Dies beweist, daß der Mensch hier gelebt hat noch ohne das erste Haustier, den Knochenfresser Hund. Die massenhaften Knochenreste im Boden der Höhle oder vor derselben stammen zum größten Teil von folgenden Tieren: Nordische: Mammut †, wollhaariges Nashorn †, Moschusochse, Renntier, Vielfraß, Eisfuchs; zugleich alpine: Schneehase, Schneehuhn; nur alpine: Steinbock, Gemse, Murmeltier, Schneemaus. Dazu kommt noch reichlich Wildpferd u. a.; aber kein Höhlenbär mehr und noch keine Haustiere. Am zahlreichsten sind: Schneehase, Renntier, Wildpferd und Schneehuhn. Reichlich sind Werkzeuge aus Knochen hergestellt, Steinwerkzeuge zurechtgeschlagen, aber nie geschliffen, Töpferei fehlt. Tierzeichnungen, eingeschnitten

auf Geweihe und Knochen und sogar Anfänge von Tierbildhauerei und einfache Ornamente in Knochen finden sich ziemlich zahlreich. Der Stil der Bilder ist durchgreifend: Naturalistische Profilbilder, alle 4 Beine in richtiger Gangstellung, Geweihe und Hörner links und rechts sich dekkend, Arbeit nachweisbar mit der rechten Hand. Die schönste Renntierzeichnung der Paläolitiker, die bisher gefunden worden ist, fand ich selbst im Keßlerloch. (Siehe Abbildung in Alb. Heim, Geologie der Schweiz, Bd. I, S. 339.)

Der Schluß der Postglazialzeit ist dann gegeben durch das Verschwinden der alpin-arktischen Tierwelt und den Teilstrich, den Travertinschichten oder weißer Lehm in die Höhlenfunde gesetzt haben zwischen die geologische Vorzeit und die geologische Jetztzeit.

Die Gletscher sind also genügend zurückgetreten, die gefährlichen Gletscherabflüsse haben andere Wege eingeschlagen, die Höhle Keßlerloch am oberen Anfang des Fulachtales ist bewohnt. Aber noch ist das Rheintal bei Schaffhausen bis 435 m, bei Neuhausen bis über den Boden des Kirchackerschulhauses (415 m) und bis auf die Höhe von Schlößchen Laufen (414 m) und Dachsen (400 m) 40 bis 75 m tief eingebettet und überdeckt von Glazialschutt. Der Rheinfall war noch nicht vorbereitet, noch tief begraben sein Fels. Die Höhlenbewohner von Keßlerloch und Schweizersbild haben den Rheinfall noch nicht gehört und nicht gesehen. Der jetzige Rheinlauf lag noch unter dem Niveau des Terrassensystemes vom Munot und von Schloß Laufen. Unterdessen hat der Gletscher den Bodensee freigegeben, zugleich war dessen Niveau gesunken. Es folgen neue Bedingungen, neue Gestaltungen in der postglazialen Epoche.

Mit dem Momente, da die Gletscherzungenenden von Überlingen, Radolfzell und Stein und endlich gar noch Romanshorn—Amriswil—Thur hinter das Seeufer zurücktraten — gleichgültig ob dieses damals noch höher stand als jetzt — mußte sich der Ausfluß des noch im See liegen-

den Rheingletschers, der bisher auf drei bis vier Abflüsse verteilt war, auf einen einzigen, den tiefstgelegenen, konzentrieren. Der schon damals tiefste Talweg war dadurch verstärkter Erosion ausgeliefert. Die andern blieben in der Austiefung zurück oder wandten sich rückläufig nach dem tiefsten Talwege hin. Von diesem Zeitpunkte an gibt es nur noch einen Rhein.

Und noch ein anderes wichtiges Moment stellt sich ein: So lange die drei oder mehr Gletscherenden noch außerhalb der Arme des Seebeckens lagen, waren ihre Ausflüsse geschiebebelastete Gletscherströme. Mit dem Rücktritt der Gletscherenden in den See fand aller Moränenabsatz am Seegrunde statt. Das Gletscherwasser klärte sich von allem gröberen Geschiebe, der weggehende Sammelfluß hatte nicht nur vermehrtes Wasser, er hatte jetzt auch keine Belastung mit Geschiebe mehr, keine Tendenz, fluviaglaziale Terrassen aufzuschütten. Sondern jetzt hatte der Rhein Überschuß an Stoßkraft ohne Last — also Tendenz sich einzuschneiden, Last aufzunehmen und fortzutragen. Das gibt der Erosion des Rheines einen großen Aufschwung. Die Umgebungen von Schaffhausen und vom Rheinfall bekamen dies zu spüren. Vieles von dem, was die letzte Vergletscherung und ihre Rückzugsflüsse zugeschüttet hatten, wird nun durch den einzigen Rhein wiederum ausgegraben. Dadurch entsteht eine Erosions-Terrassenlandschaft von verwirrend mannigfaltiger Gestalt, eingeschnitten unter das Niveau Munot—Schloß Laufen.

Der Rhein hatte auf dem Talboden Kirchackerschulhaus—Schloß Laufen eben einen weiten Bogen gegen SE angelegt, als ein Überschuß von Kraft ihn sich vertiefen hieß. Dabei kam im Niveau von 410 m der Kalksteinfels zum Vorschein. Er bildete eine NS Schwelle quer durch den Bogenlauf von der Schulhausterrasse Neuhausen zum Schloßfels Laufen (414) hinüber mit Steilabsturz an der Westseite und

sanftem Abfall, dem Wasser entgegen, gegen Osten. Der Bogen hatte keine Zeit, dem Fels auszuweichen, weil der Strom einschneiden wollte. Dieser mußte sich also an das Werk legen, die Felsschwelle zwischen Neuhausen und Schlößchen Laufen durchzuschneiden. So entstund hier die erste Stromschnelle! Der Rhein konnte sich in dieser Zeit ziemlich rasch vertiefen, denn er war ja durch Konzentration verschiedener Abflüsse des Bodensees auf den einen Strom verstärkt und durch Ausspülung der Moränen und Kiesterrassen vom Bodensee bis hierher für längere Zeit wieder geschiebereich geworden. Mit dem Angriff der Felsschwelle in etwa 410 m Höhe und dem Einschnitt auch nur von 2 bis 3 m, war der epigenetische Rheinbogen festgelegt, die Torpfosten Neuhausen und Laufen in ihrer Anlage bestimmt, der Rheinfall fixiert und angelegt. Nun erst kam die Differenz vom festen Fels hier und lockeren Material unterhalb der Epigenese ins Spiel. So wie der Unterlauf sich rascher vertiefte als die Felsschwelle durchsägt werden konnte, wurde die beginnende Stromschnelle bald zum höheren, bald zum niedrigeren Wasserfall. Der Durchschnitt zwischen Neuhausen und Schlößchen Laufen, das ist zugleich zwischen den Kantonen Schaffhausen und Zürich, entwickelte sich zu einer 150 bis 170 m breiten rechteckigen Bresche oder Pforte in dem Felsenriegel. (Fig. 4.) Der Rheinfall ist bis zum jetzigen Zustand bei wechselnder Sturzhöhe von Oberkante 410 m auf 385 herab gelangt, wobei die Eintiefung dieses Tores sich mehr und mehr verlangsamte, bis zum heutigen Stillstand (P.). Mit der Eintiefung verlängerte sich auch das Felsenstück im Rheinbett flußaufwärts. Sobald die obere Überquerung der Tiefrinne auf den Fels hinab entblößt war, hörte auch die Verlängerung des Bogenlaufes im SE abfallenden Felsen auf und es zeigte sich dort als oberes Tor die früher besprochene obere Felsschwelle am Eintritt des Flusses in sein epigenetisches Talstück unterhalb Flurlingen (K.).

An der Innenseite des Neuhauserbogens entstund bei 390 m noch eine kleine etwas undeutliche Terrasse, deren Fortsetzung talauswärts vom Wasserfall vielleicht die Terrasse von Nol (Dorf) 383 darstellt. Das konkave Ufer wurde nach Gesetz und Regel unterschnitten und weiter ausgedehnt (Buchhalde). Schon hatte der Rhein hier die Molasse weggeschafft. Dabei stieß er auf Bohnerzton und auf Jurakalkfels bei etwa 385 m. Im linken Rheinufer (K.) sieht man den roten Ton an vielen Stellen unter der Molasse und auf dem Kalkstein entblößt. Hier wurde früher Bohnerz ausgebeutet.

Wo lag die alte Rinne aus der großen Interglazialzeit? Der Rhein fand sie nicht wieder! Sie liegt zugeschüttet bis 500 m nördlicher von dem Bogen, mit dem er nun eben seinen Weg in den Kalkfelsen festgelegt hatte. Immer deutlicher erwies sich der Fels, über den der Rhein durch seine Ausbiegung geraten war, als eine harte Felsschwelle. Allmählig hatte der Gefälleüberschuß durch Ausgleichung des Talweges vom Bodensee bis hierher abgenommen und der Bodensee war etwas tiefer gesunken. Der Rhein war wieder mehr und mehr geschiebearm geworden und wurde immer klarer, die Gerölle, welche die Feilen zum Aussägen im Felsen sein sollten, waren zu spärlich. So konnte das Bogenstück im Kalkfels nur noch sehr langsam und wenig und schließlich fast gar nicht mehr vertieft werden.

Aber nach 1425 m Bogenlauf im Fels trifft der neue Rheinweg rechtwinklig auf sein altinterglaziales verschüttetes, steilwandiges Tal. Dieser Canion, diese Schlucht, gefüllt mit Rißschottern und Würmmoränen, war leichter auszuräumen als der Fels im Bogen. Dies geschah durch Rückwärtserosion. Im unteren Teil des Flusses war eine Zeit lang Gefälleüberschuß. Kleine Stromschnellen verschoben sich rasch flußaufwärts, bis sie alle zusammenfassend an der linksseitigen Jurakalkwand der altinterglazialen Tiefrinne

anhalten mußten. Hier mußte der Rheinfall entstehen! Zur Zeit steht das Wasser im Becken unter dem Falle 25 m tiefer, als der Fels im Fluße 200 m oberhalb ansteht. Davon fallen ca. 5 m auf den oberen Teil dieser Treppe von Art einer bloßen Schnelle und dann 20 m auf den eigentlichen Wasserfall. Der Rheinfall ist also der Sturz des Rheines aus dem Felsbett des in der Austiefung rückständigen „epigenetischen" Bogens in die in der neuen Ausräumung und Vertiefung voraangeeilte alte Rinne. Damit wendet sich im Fallbecken die Rheinrichtung um über 90° nach links. Die Sprungwand des Rheinfalls ist die linke Felswand der alten Tiefrinne. Die Tiefrinne reicht aber noch viel tiefer, als der Rhein unterhalb des Wasserfalles. Sie ist keineswegs bis auf ihren alten Grund ausgeräumt. Unter dem Flusse liegen noch 16 bis vielleicht 30 m Rinnenschotter. Das Fallbecken ist dicht am Fuße der Sturzwand höchstens 13 m tief ausgeräumt. Zur Zeit gibt es keine Möglichkeit, das Rheinbett unterhalb des Falles weiter zu vertiefen. Der Unterlauf ist weithin stabil ausgeglichen. Die Talwege alle haben hier, wie anderwärts beiderseits der Alpen, ihre in der großen Interglazialzeit gewonnene Tiefe nie wieder zurückerobert.

Die Höhe des Rheinfalles, 25 m, kann sich nicht vom oberen Rhein her ändern. Einzig Vertiefung des Rheinbettes unterhalb des Rheinfalls könnte ihm noch mehr Sprunghöhe bringen. Solche ist aber nicht möglich, denn das Rheingefälle vom Fallbecken bis zum Stauwerk Eglisau ist ausgeglichen und hat zur Zeit kein Gefälle zu vergeben.

Alle Terrassen im Rheinfallgebiete von 450 m Höhe hinab bis zu 410 m sind älter als der Rheinfall. Wir können sie noch einschließlich den größeren Teil der Rückzugsstadien in die letzte Vergletscherung stellen. Die Terrassen und Flußläufe von 410 bis 360 m hinab stammen aus der Zeit der Entstehung des Rhein-

falls und sind als postglazial zu bezeichnen. Flußläufe und Terrassen unter 360 m finden sich nur weiter talabwärts (Umgebung von Ellikon) und sind jünger als der Rheinfall, sie gehören, geologisch gesprochen, zur Jetztzeit. Das Felsentor, welches der Rhein in das Felsplateau zwischen Schloß Laufen und Neuhausen eingeschnitten hat, hat 25 bis 30 m Tiefe. Ein kräftiger geschiebereicher Strom kann einen Kalkgrund im Jahr um 1 bis 5 cm tiefer ausfeilen. Ein Zeitraum von 1000 bis 3000 Jahren wäre in unserem Falle ausreichend. In der Postglazialzeit war der Rhein geschiebereich, bis er das Talsystem von der Munotterrasse bis zum jetzigen Talweg ausgespült hatte. Dann wurde er geschiebearm und zu so rascher Arbeit unfähig, sein Werk ist vollbracht und bleibt stehen.

13. **Schaffhausen** (K. u. P.)

Es liegt nahe, Schaffhausen und Neuhausen zu vergleichen. Beide liegen an epigenetischen Jungtälern. Über hohen Aufschüttungen ist ihr Fluß vom alten Tieftale abgewichen und hat dann, sich wieder vertiefend, die alte Rinne nicht mehr gefunden, sondern ist auf Fels geraten. In beiden Fällen ist das durch Verschiebung nach S, durch Abirren aus der Richtung der alten Rinne nach links, geschehen. Bei Schaffhausen hat der Neulauf einen Bogen des Altlaufes nach der Sehne abgeschnitten, bei Neuhausen liegt der Altlauf in der Sehne und der Neulauf, der jetzige Rhein, macht den Bogen. Die Stromschnelle Schaffhausen mit etwa 5 m Fall auf etwa 800 m Länge entspricht durchaus dem Rheinfall. Sie ist ein niedrigerer oberer Rheinfall. Hier lag die untere Grenze der Schiffbarkeit des Oberrheines, die zugleich den Ort für die Siedelung der Stadt Schaffhausen bedingt hat. Schon lange ist das Gefälle der Stromschnelle Schaffhausen technisch benützt und sie soll noch vollkommener ausgenützt werden. Im Interesse der darauf hin gerichteten Projekte sind

einige Bohrungen in Schaffhausen und Umgebung gemacht worden. Diese, zusammen mit Aufschlüssen durch Fundationen und weitere Beobachtungen, haben Herrn J. Hübscher zu den Resultaten geführt, die wir hier wiedergeben.

Die SW Ecke der Altstadt Schaffhausen ruht auf Jurakalkfels mit lückenhafter Bedeckung von Moränen. Dieser Stadtteil bildet ein Dreieck mit etwa 350 m langer Basis am Rheinufer und etwa 250 m in N—S Richtung, gegen 4½ ha Fläche. Ein großer Teil der Altstadt steht auf der tonigen Grundmoräne, der östliche Teil aber, ein N—S laufender Streifen von 150 bis 200 m Breite, zeigt uns zusammenhängend Randenschotter. Das sind junge Bachablagerungen aus lauter Jurakalkgeröllen, stammend aus Mühletal und frei von alpinen (glazialen) Beimischungen (R. auf der Karte), aber den Moränen aufliegend. Über dem Ostrande der Altstadt der Fulach entlang zeigte sich an mehreren Orten schon in wenig tiefen Fundationen Rißschotter unter den Grundmoränen. Die Aufschlüsse durch Bohrlöcher, Tiefenfundationen und Probeschächte erwiesen nun die alte Tiefrinne des Rheines. Sie weicht vom jetzigen Flußweg an der SE Ecke der Altstadt nach NW, also nach rechts ab, verläuft unter dem Kirchhof St. Johann und unter Obertor vom Bahnhof in einem Bogen gegen Stockarberg und Urwerf und dann gegen S unter den jetzigen Rheinlauf. Überall trifft man in Schaffhausen und Umgebung auf Teile der folgenden Schichtreihe von oben nach unten: 1). Niederterrassenkies ca. 10 m (z. B. auf der Munotterrasse). Darunter 2). 20 bis 30 m Grundmoräne (blauer Lehm mit einzelnen geschrammten alpinen Geschieben, nicht häufig mit Blöcken). 3). Schliehsand (Schlammsand) bald mehr lößartig bald stark lehmig, sehr ungleich mächtig (interglazial?). 4). Rißschotter, oft fest verkittet, oft mit Streifen von Grundmoräne durchsetzt. 5). Fels, Molasse, Bohnerzton oder Jurakalk.

Die Bohrlöcher wurden leider nur wenig tief getrieben. Sie wurden mit 10 bis 12 m unter Rheinniveau im Rißschotter aufgegeben. Sie trafen überall einen Grundwasserstrom erst tief unter dem Rheinniveau. Sie beweisen wohl die Tiefrinne, geben aber leider deren Tiefe noch nicht an. Die Stadt liegt zu einem großen Teil über der altinterglazialen Tiefrinne, die unten mit Rißschottern, darüber mit Schliehsand, dann toniger Grundmoräne der letzten Vergletscherung, und teilweise noch mit Randenschotter überdeckt ist. Auch in dieser Lage zur Tiefrinne sind Schaffhausen und Neuhausen einander gleich.

Die Epigenese des Rheinlaufes in Schaffhausen kann ihren Anfang erst spätpostglazial genommen haben, als der Rhein sich etwa 30 m unter die Terrasse Munot eingetieft hatte. Sie entstund erst in Folge der Eintiefung des Rheines unterhalb Schaffhausen auf 385 m, was gleich ist der Oberkante des Rheinfalles. Die Schnelle Schaffhausen begann, da der Rheinfall noch nicht ganz fertig war. Beide Stromschnellen sind in ihrem Schicksal verbunden. Die Stromschnelle von Schaffhausen könnte nur in Folge weiterer Austiefung des Rheinlaufes Flurlingen—Rheinfall an Gefälle gewinnen. Die Stabilität des Rheinfalles erzeugt auch Stabilität der Stromschnelle von Schaffhausen. Die Felsschwellen beider sind gleich gebaut. Da wie dort fällt der heutige Strom der alten Talrinne senkrecht in die linke Seite. Nur die Höhe des Sturzes ist ungleich. Es entsprechen einander: Feuerthalen und Flurlingen, Laufen und Kettenen, Schaffhausen und Neuhausen, Charlottenfels und Fabrik Neuhausen, Stromschnelle Schaffhausen und Rheinfall. Gleiches Geschehen in gleichen Zeiten hat Ähnliches geschaffen.

14. Schematische Uebersicht.

Die hier beigegebene graphische Darstellung (Fig. 3) gibt einen kurzen und einfachen Überblick über die geologische Vorgeschichte des Rheinfalles während der

Quartärperiode bis zum heutigen Zustand. Sie faßt das kurz zusammen, was wir bisher besprochen haben. Als „Abszisse“ (horizontal) ist die Zeit laufend in geologischen Abschnitten von links nach rechts aufgetragen; als „Ordinate“ (vertikal) ist das Niveau der Talböden mit seinen wechselnden Erhöhungen durch Aufschüttungen und Vertiefungen durch Erosion dargestellt. Selbstverständlich ist das Bild schematisch gehalten.

Im Besonderen läßt sich hier erkennen, wie stets die Zeiten der Vergletscherung die Oberfläche der Landschaft durch Aufschüttung mit Schottern und Moränen erhöht haben (erste, zweite, dritte und vierte Vergletscherung oder anders benannt: Günz-, Mindel-, Riß- und Würm-Vergletscherung), während die drei Zwischeneiszeiten die Flußerosionen wieder in Vorsprung gebracht und die Talwege vertieft haben. Ganz so wie die Zwischeneiszeiten hat natürlich der Rückzug der letzten Vergletscherung (Rückgang IV und Postglazialzeit) gewirkt. Vielleicht ist es ja auch nur eine Interglazialzeit — die vierte — in welcher wir leben. Die Betrachtung unserer Figur 3 ruft der Frage, ob nicht vielleicht auch die zweite und die dritte Interglazialzeit (der Rückgang von der Mindelvergletscherung) in ähnlicher Weise eine Stufung in Terrassen ergeben haben, wie der Rückzug der Würmvergletscherung bis zur Gegenwart. Indessen die Spuren einer solchen älteren Stufung werden größtenteils verdeckt, teils noch zerstört sein. Zudem ist es ja aus verschiedenen Gründen wahrscheinlich, daß die Talbildung der großen Interglazialzeit (zweiter Interglazial-Mindel-Riß) zu temperamentvoll gearbeitet hat, um Zeit zur Ausbildung vieler Terrassen zu geben.

Unsere Figur 3 diene zugleich zur Erleichterung des Verständnisses der in Kapitel 4 bis 13 besprochenen Gestaltungen.

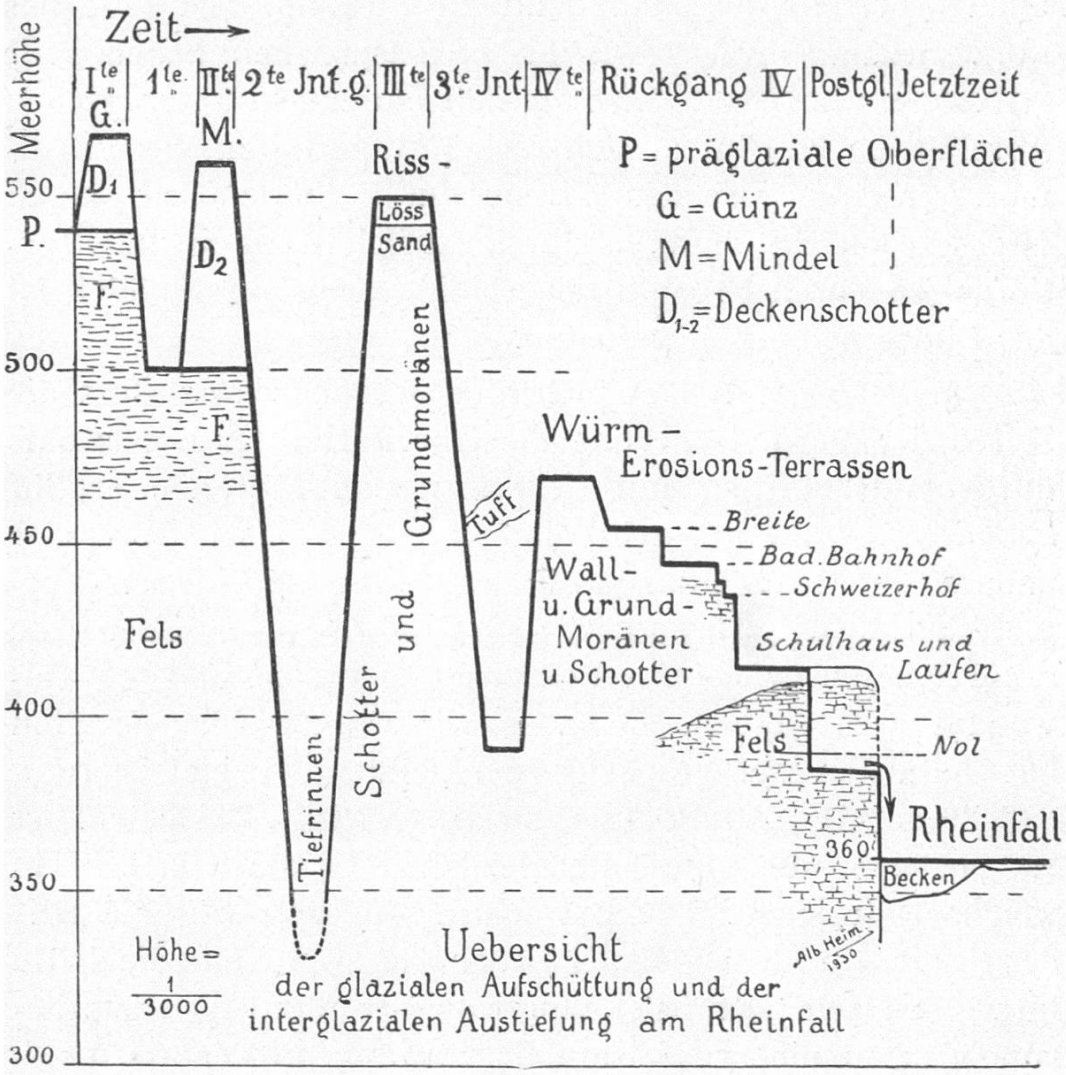


Fig. 3. **Graphische Uebersicht der Quartärgeschichte der Rheinfallgegend.**

(Unter dem Worte „Zeit“ bedeuten die römischen Zahlen die Vergletscherungen, die arabischen die Interglazialzeiten.)

An diese schematische graphische Darstellung schließe ich noch eine Tabelle an, welche die Geschichte des Rheinfallgebietes auf einem Blatte übersichtlich zusammenfaßt und verdeutlicht. In dieser Tabelle ist umgekehrt wie in Fig. 3 der Zeitlauf in die Senkrechte gestellt, mit ältester Zeit unten beginnend, bis in die Gegenwart oben reichend. (Die Tabelle befindet sich neben der Karte in der Tasche an der Innenseite des hinteren Umschlages.)

15. Die Stabilität des Rheinfalles.

Der Rheinfall steht zur Zeit unter Bedingungen, welche seine natürliche Verschiebung flußaufwärts ganz ungewöhnlich verlangsamen. Er ist, wenn wir so sagen dürfen, fertig ausgebildet. Er steht schon lange beinahe unverändert da, und kann noch lange so bleiben. „Lange" — ich meine damit viele Jahrtausende! Zur Zeit der Ablagerung der Moräne von Zürich, das ist ungefähr die Zeit des Beginnes der Höhlenansiedelung im Keßlerloch, war der Rheinfall noch nicht gemacht. Vor etwa 10 000 Jahren mag die Felsschwelle des epigenetischen Bodens zuerst herausgetreten sein. Der Wasserfall begann etwa 40 bis 50 m höher oben, aber nur wenige Meter talauswärts seiner jetzigen Fallstelle mit einer kleinen Stromschnelle zwischen dem Felsen von Schloß Laufen und Neuhausen in etwa 410 m Meerhöhe. Dort begann das Durchgangstor zwischen Laufenschloß und Neuhausen. Nach etwa 25 bis 30 m Eintiefung der Torschwelle gingen ihm aber bald die feilenden Werkzeuge verloren und er geriet in eine ungewöhnliche Stabilität. Vor etwa 5000 bis 6000 Jahren, zur Zeit der neolithischen Pfahlbauer, war der Rheinfall nach Ort, Lage, Fallhöhe und Meerhöhe wahrscheinlich schon sehr ähnlich wie heute. Er ist nicht von unten als Wasserfall hier heraufgewandert, er ist hier entstanden, weil der Rhein nur hier wieder an die Schluchtwand der interglazialen Tiefrinne geraten konnte und mußte. Der Rheinfall hat nicht selbst sich eine Sturzwand geschaffen, sondern er hat eine alte zugeschüttete Felswand wieder ausgegraben, und er ist dahin fixiert, wo diese steht. Kaum daß die Fußstelle des Falles seit seinem Entstehen um 10 bis 30 m zurückgewichen ist, und die Schnelle über dem Fall etwa 250 m flußaufwärts gegriffen hat.

Der Rheinfall ist also im Postglazial entstanden und im Beginn der geologischen

Jetztzeit ist er fertig geworden. Er ist sehr jung. Geologische Jugendlichkeit liegt den meisten Stromschnellen und Wasserfällen zu eigen. Menschenaugen können den Rheinfall in verschiedenen Phasen seiner Entstehung gesehen haben. Das Geschehnis wickelte sich vergleichsweise schnell bis zur heutigen Reife und Stabilität ab. Er gehört nicht zu den wandernden Wasserfällen wie etwa der Niagara, der jährlich im Mittel beinahe 1 m flußaufwärts greift und von seinem ursprünglichen Entstehungsorte schon 12 km flußaufwärts gegriffen hat. Der Rheinfall wird an dieser Stelle bleiben bis endlich der Kalkfelsriegel ganz durchsägt ist; dann rückt er nach Schaffhausen hinauf. Oder eine neue Eiszeit schüttet ihn wieder zu.

Die ältesten Gemälde vom Rheinfall, die man kennt, stammend etwa aus den Jahren 1700 bis 1720, lassen keinen deutlichen Unterschied von dem Bilde, das er jetzt bietet, erkennen. Diese Stabilität hat drei besondere Ursachen. Die erste kennen wir schon:

1. Die relativ widerstandsfähige, die Austiefung verzögernde Felsschwelle, die den Rhein zum Sprunge zwingt, endigt eben hier plötzlich mit talabwärts fast senkrechter Felswand, an welche der Quartärschutt unvermittelt anstößt. Der Ort liegt im Felsbau gegeben.

2. Dem Rhein fehlen die Geschiebe, oder richtiger ausgedrückt: er ist als Seeabfluß sehr geschiebearm. Er erhält nur wenig Geschiebe von einigen Seitenbächen oder Steilborden, die er angreift. Er zeigt sich niemals als Geschiebestrom. Auch bei hohem Wasserstande ist sein Wasser nur selten und wenig getrübt. Die Geschiebe sind aber die Feilen in einem Strom, das Wasser ihr Motor. Der Mangel an groben Geschieben setzt die mechanische Erosion im Felsen auf ein Minimum hinab. Wäre der Rhein ein Geschiebestrom mit quarzreichen Geschieben, so würde er jährlich seine Rinne im Kalkfels um 3 bis 5 cm eintiefen. Anstatt eines herrlichen

Wasserfalles hätten wir dann bei Neuhausen wie auch bei Schaffhausen nur lang gestreckte Stromschnellen von der Art der Aareschlucht bei Meiringen.

3. Eine dritte Besonderheit des Rheinfalles besteht darin, daß der Kalkfels in der Stromschnelle oberhalb des Falles und im Rheinfall selbst von oben bis unten, auch da, wo das Wasser in rasender Flucht über die Felsplatten hinunterfährt, mit einer lederartigen, zähen, oft über 1 cm dicken Kruste von lebenden dunkelgrünen bis rostbraunen Algen überzogen ist, die den Kalkfels vor dem chemischen und mechanischen Angriff des Wassers beschützt. Die merkwürdigste dieser Algen, Rhodoplax Schinzii Schmidle, bildet dunkelgrüne, zeitweise rostfleckige Polster. Sie ist bisher einzig vom Rheinfall bekannt! Andere Algen, besonders Rivulariaceen helfen mit, das Polster auf dem Felsen zu bilden. Dies wäre unmöglich, wenn der Rhein im geringsten einen Geschiebestrom zeitweise an seinem Grunde mitführen würde; die eine Besonderheit unterstützt die andere.

An späterer Stelle, Kapitel 17 e und anderswo, werden wir eingehender auf diese Erscheinungen eintreten, die die jetzige Stabilität des Rheinfalles bedingen.

16. **Wasserführung des Rheinfalls.**

Der mittlere Wasserertrag des Rheines bei Schaffhausen wurde in abgerundeten Zahlen innerhalb der Jahre 1867 bis 1886 in den Monatsmitteln, ausgedrückt in m^3 per Sekunde, wie folgt festgestellt:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
190	160	190	230	380	580
Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
600	500	400	350	270	240

Von 1915 bis 1929 bestehen vollständige Pegelablesungen von dem sehr guten Meßpunkte unter Dorf Nol. Hier erscheint der ganze Rheinertrag. Ich verdanke die Mitteilung dieser Zahlen der hydrologischen Abteilung der

Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, d. h. deren Chef Herrn Dr. Lütschg.

Die Monatsmittel 1915 bis 1929 stellten sich wie folgt ausgerechnet in m³ per Sekunde im Mittel von 1904 bis 1929:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
230	193	205	279	449	634	628	519	440	351	277	234

Monatsmaximum war VII 1910 = 901 m³ Sec.
Monatsminimum war III 1909 = 108 m³ Sec.

Die Jahresabflußmenge des Rheines betrug in m³ per Sekunde:

Jahr	Mittlerer Jahresabfluß	Maximaler Jahresabfluß	Minimaler Jahresabfluß
1915	366	674	155
1916	445	391	203
1917	388	720	150
1918	313	576	140
1919	371	723	185
1920	419	849	125
1921	222	422	96,4
1922	438,5	767	123
1923	380	616	202
1924	443	309	132
1925	290	535	121
1926	437	1024	200
1927	456	867	163
1928	346	679	176
1929	303	670	110

Es war also die mittlere Abflußmenge dieser 26 Jahre = 370
Die größte mittlere Jahresabflußmenge „ 26 „ = 460
Die kleinste „ „ „ 26 „ = 222
Größte Abflußmenge innerhalb 26 Jahren 1926 = 1024
Kleinste „ „ 26 „ 1921 = 96,4

Die niedrigsten bisher überhaupt beobachteten Wasserstände des Rheines, gemessen in Schaffhausen oder Nol waren folgende:

1858	I. 26.	54 m³	per	Sekunde
1858	I. 21.	87 m³	„	„
1882	III. 2.	94 m³	„	„
1921	III.	96 m³	„	„

Der Rheindurchfluß geht sehr häufig im Monatsmittel unter 200 m³ hinab — so an 23 Monaten innerhalb 15 Jahren (1915—1929). Die Minima fallen fast jedes Jahr unter 200 m³. Maximaldurchfluß zeigte sich im Juni 1876, in den Jahren 1910 und 1926 mit über 1000 m³ in der Sekunde.

In abgerundeten Zahlen kann man also sagen, daß die Wasserführung des Rheinfalles in Kubikmetern per Sekunde betrage:

Niederstand 100, Mittelstand 300 bis 400, Hochwasser 1000, daß sich also Niederstand zu Mittelstand zu Hochstand verhalten wie 1 : 3 bis 4 : 10.

Nun ist bei Beurteilung des Aussehens des Rheinfalles je nach den Wasserständen zu bedenken, daß die den Pegeln von Schaffhausen oder von Nol entnommenen Wassermassen nicht diejenigen sind, welche wir im Rheinfall einherstürzen sehen. Vielmehr sind diese Zahlen größer als die Wassermassen des sichtbaren Rheinfalles. Um die letzteren zu kennen, müßte man erst die Wassermassen abziehen, welche die verschiedenen Industriewerke in Neuhausen dem Wasserfall entziehen und auf dem Auge verborgenen Wegen durch die Fallstufe hinabführen. Wir müssen etwa 60 m³ per Sekunde im sichtbaren Wasserfalle fehlend annehmen. Wohl lauten die Konzessionen auf bestimmte Wassermengen, allein es fehlt die Kontrolle. Seine volle Pracht entwickelt der Rheinfall, wenn er über 400 m³ führt.

17. Das jetzige Felsbett des Rheinfalls.

a) Gliederung des Wasserfalles im Felsbett.

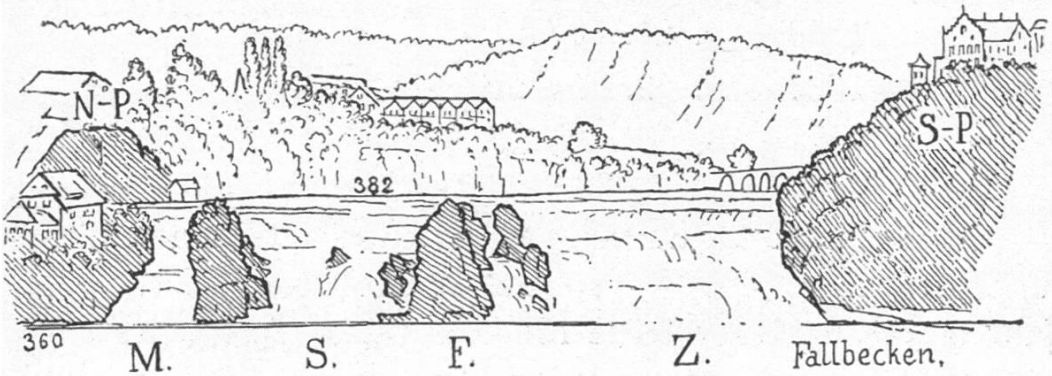


Fig. 4. **Schema der Gliederung des Rheinfalles** aus W gesehen. M = Mühlefall, S = Schaffhauserfall, F = Felszähne Z = Zürcherfall, N-P = Nördlicher, S-P = Südlicher Pfosten des Rheinfalltores.

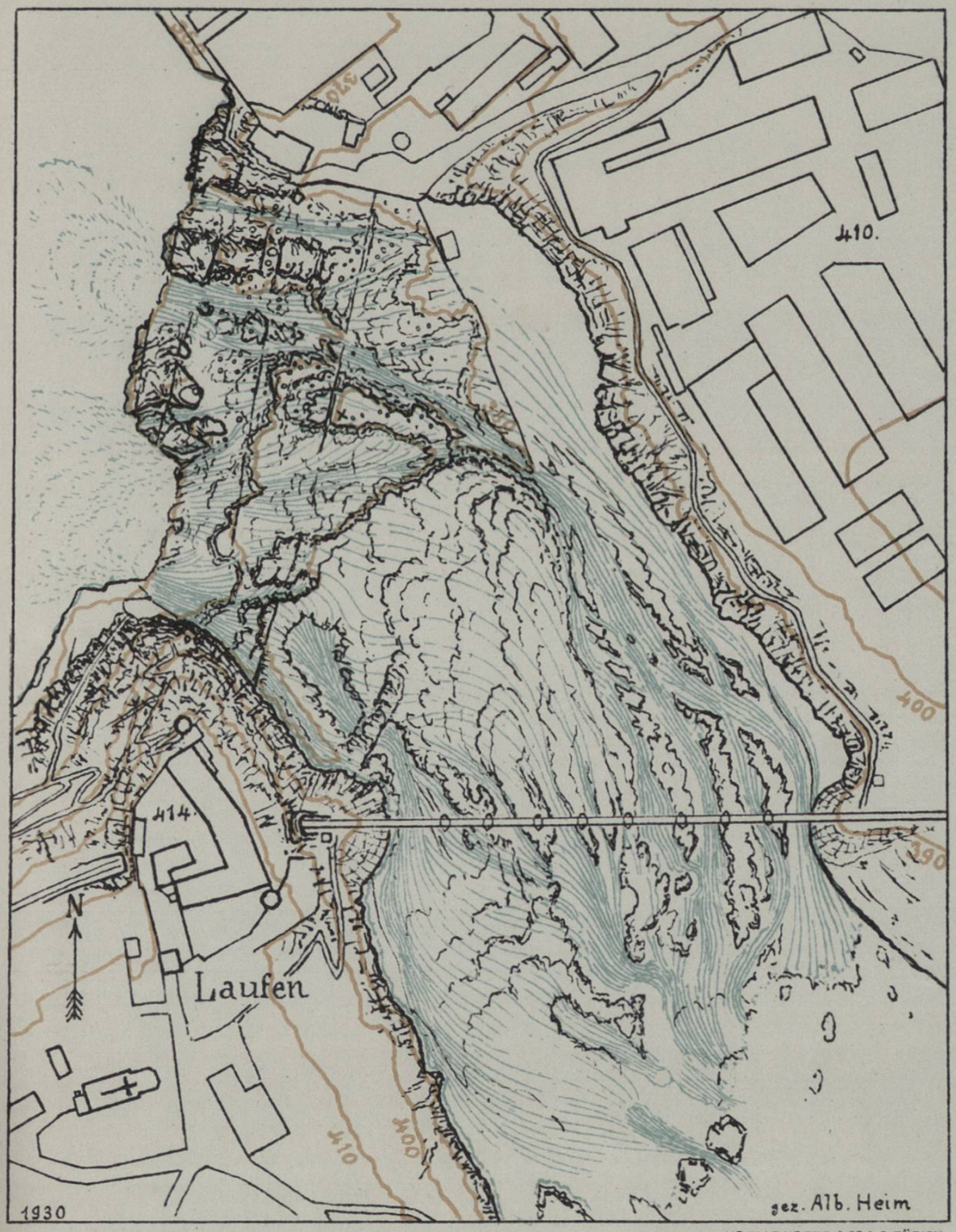
In seiner ganzen Breite von unten gesehen (z. B. vom Schlößli Wörth), zerfällt der Rheinfall in folgende Teile:

Fabrikgebäude Neuhausen 30 m		Felsrippe 19 m		2 Felszähne 35 m		Schloß Laufen
	Mühlefall 16 m		Schaffhauser-Fall 30 m		Zürcherfall 50 m	
	← 150 m →					

(Die Zahlen bedeuten die Breite in Metern am Fuß des Falles.)

Die natürliche Gestaltung des Felsbettes schon oberhalb der Eisenbahnbrücke bis an die Oberkante des eigentlichen Falls bedingt die Verteilung des Wassers auf die verschiedenen Teile des Wasserfalles. Von der Eisenbahnbrücke aus kann man bei niederem Wasserstande überall sehen, daß die flach liegenden Kalkfelsplatten von einzelnen schmalen Rinnen tief durchfurcht sind, und daß die Rinnen sich in der Tiefe verbreitern, so daß die Ränder der Felsplatten unterhöhlt sind. Ob diese Unterhöhlung nur davon herrührt, daß das Was-

Fig. 5.



GRAPH. ANSTALT HOFER & Co A.G. ZÜRICH

RHEINFALL

1 : 3000

Felsbett und Wasserfaden bei ca 180 m³ p. Sec.

ser lösend in den tieferen Teilen immer arbeitet, während es die oberen Ränder der Rinnen oft frei gibt, konnte ich nie mit Sicherheit feststellen. Jedenfalls tastet unter den Platten die Verbreiterung den Schichtfugen nach. Es ist aber auch denkbar, daß die Verbreiterung der Rinnen unter den Platten durch untere, weniger widerstehende Schichten bedingt ist. Man betrachte unser Bild Fig. 7, Abschnitt 17 c. Dasselbe zeigt uns unter kompakteren Kalkschichten knollig-splitternde Schichten, die oft wie Konglomerate aussehen. Solche mögen auch in der Stromschnelle gegen und über die Bahnbrücke hinauf in dünneren oder dickeren Bänken zwischen den festeren liegen, und von den Rinnen zu ihrer Verbreiterung ausgenützt worden sein.

Je niedriger der Wasserstand, desto besser läßt sich solches beobachten. Schon bei Mittelwasser und gar bei Hochwasser ist alles weiß überschäumt und übersprudelt und die Felsformen des Strombettes werden unsichtbar. Die ganze Frontansicht des Rheinfalles bietet unserem Auge bei 500 und mehr m^3 per Sekunde eine weiße Fläche von, alle Fallteile zusammengenommen, ca. 96 m Breite und 20 m Höhe = über 1920 m^2 Frontbildfläche. Beim Niederstande wird davon mehr als die Hälfte wasserfrei, die weiße Bildfläche mißt manchmal nur noch 600 m^2. Dabei hat die Schaffhauserseite, Mühlefall und Schaffhauserfall, sehr viel mehr eingebüßt als die Zürcherseite — Folge des gewaltigen Aderlasses am Rheinfall durch die Fabriken, der eben bei Niederstand sehr empfindlich wird. (Vergl. Fig. 6 mit dem Titelbild.)

Die neun Bogen der Eisenbahnbrücke oberhalb des Rheinfalles sind ungleich weit, weil die Pfeiler auf die Platten gestellt und die Bögen die Furchen überspannen mußten. Die Felsfläche zwischen der Brücke und dem Fall ist in der mittleren Partie des Stromes höher und ihre Furchen unbedeutender. Dadurch wird der Rhein gleich bei der Bahnbrücke in eine rechte und eine linke Hauptströmung geteilt. (Fig. 5.) Der rechten Hauptströmung

gehören die Wasser an, welche durch die vier rechtsseitigen Brückenbogen fließen. Weitaus am bedeutendsten ist die Rinne des dritten Durchlasses ausgebildet. Sie ist die tiefste und stärkste von allen, und nimmt kurz unterhalb der Brücke den bedeutendsten Teil des Wassers aus den beiden ersten und sogar noch Wasser aus dem vierten Durchfluß auf. Diese Rinne zieht sich ohne Unterbruch bis zum großen mittleren Teil des Rheinfalles, dem Schaffhauserfall, und ist beim Übergang in den Fall am tiefsten rückwärts eingeschnitten. Dort tritt noch etwelche Teilung in einen seichteren linken und einem tieferen rechten Teil des Schaffhauserfalles ein. Dieser letztere hat so kompakten Wassergang, daß bei fast allen Wasserständen der Strom hier noch grün erscheint. Gleich an diese tiefe Rinne des Schaffhauserfalles schließt sich schon an der Brücke und von dort weiter abwärts die Rückenhöhe der großen mittleren Felsplatte an. Was aus dem Durchlasse 3 und 4 noch diese Platte überbordet, zieht sich nach links dem Zürcherfalle zu. Das Wasser aus dem von rechts nach links als vierten gezählten Brückendurchlaß läuft zum Teil auf diesem Scheiderücken und wendet sich auf demselben allmählig südlich dem linksseitigen Hauptteil, dem Zürcherfall, zu. Alle weiter links folgenden Brückendurchlässe, nämlich die Bogen No. 5, 6, 7, 8 und 9 liefern ihr Wasser ganz dem Zürcherfalle (Fig. 5).

Bei niedrigem Wasserstande wird das Wasser vorwiegend nur durch die Furchen im Felsbette geleitet. Bei steigendem Wasser überfließt es von einer Furche in das Gebiet der anderen. Das Überfließen über die breite links abfallende große Mittelplatte ob dem Fall wird dann immer stärker, so daß dann der Zürcherfall bedeutend mehr anschwillt als der Schaffhauserfall und der Mühlefall.

Um die Bewegungsfäden des Wassers für einen ziemlich niedrigen Rheinstand, ca. 180 m^3 per Sekunde, genauer zu bestimmen, habe ich im März 1887 von der Eisenbahnbrücke über den verschiedenen Durchlässen der Brückenbogen große Haufen Hobelspäne hinunter werfen lassen

und dabei von der obersten Zinne vom Schloß Laufen beobachtend die Wege, welche von jedem Durchgang weg die Späne bis weit hinaus in das Fallbecken nahmen, in einen vorher hergestellten Plan 1 : 1000 eingetragen. Dieser Plan mit den Einträgen ist im Jahrbuch des Schweizer Alpenklub 1887 veröffentlicht worden. Ich habe diese Eintragungen auch hier zur Herstellung von Fig. 5 wieder benützt.

Was ich beobachten konnte, waren nur die Wege der Wasserteilchen in der obersten Wasserschicht und auch dies nur bei dem damaligen Wasserstande. Bei zunehmendem Wasserstande verschieben sich die Wasserfäden und zwar vorherrschend im Sinne einer einfacheren allgemeinen Strömung. Bei abnehmendem Wasserstand ergibt sich eine engere Anpassung an das Relief des Felsgrundes.

b) Notizen und Beobachtungen bei besonderen Niederständen.

Bei besonderen Niederständen gelang es schon hie und da oberhalb des Falles weit hinaus, Rinnen überspringend oder überbrückend, über die Felsen bis auf den Rücken zwischen dem Schaffhauserfall und dem Zürcherfall vorzudringen. Dort ist auch ein eiserner Pfosten mit der Jahreszahl 1880 in Eisenrahmen aufgestellt. Aber noch älter ist ein anderes Dokument: In einer Vertiefung unter überstehendem Felsen am gewöhnlich überschwemmten SW Fuß des südlichen Felszahnes gleich über dem Niveau des Beckens, im Schiff vom Becken aus zugänglich, fand sich am 3. IV. 1921, eingehauen über und seitlich neben des alten Berg-Hüttenzeichens (2 gekreuzte Hämmer) die Jahreszahl 1858 und die Initialen JGN (Johann Georg Neher, Besitzer der „Eisenwerke Laufen"). Ich verdanke diese, wie noch manche andere Mitteilungen, Herrn Dr. Stierlin-Werner in Neuhausen. (Stelle bezeichnet in Fig. 8.)

Am 3. IV. 1921! Das war ein merkwürdiger Tag in der Geschichte des Rheinfalls. Ein natürlicher Niederstand von

etwa 100 m^3 pro Sekunde wurde versuchsweise noch künstlich bis auf 45 bis 50 m^3 zurückgestellt durch Manipulationen des Schaffhauser Elektrizitätswerkes. Diese sogenannte „Abstellung des Rheinfalls“ war auf ca. 2 Uhr nachmittags bekanntgegeben. Der Niederstand dauerte von 2.15 Uhr bis 2.45 Uhr, also ca. ½ Stunde und war 2.30 Uhr am tiefsten.

Viele begaben sich zeichnend, photographierend und beobachtend an Ort. Ich erhielt nachher eine ganze Anzahl von Photographien des Rheinbettes fast ohne Wasser; besonders von den Herren Dr. R. Stierlin-Werner und Dr. P. Haberbosch in Neuhausen, von letzterem auch Skizzen, sodann Photographien von Herrn C. Koch, Photograph, in Schaffhausen und vereinzelte noch von einigen andern, wie von Prof. Dr. Wehrli (Zürich). Auf Grundlage dieses Materiales und meiner eigenen Aufnahmen und Zeichnungen des Rheinfallbettes aus verschiedenen Jahren wagte ich sodann, ein Reliefbild des Rheinfallbettes in 1 : 500 unter Mitarbeit von Herrn Präparator Hürlimann herzustellen. Zusammen mit meinem großen Relief 1 : 1000 von Rheinfall und Umgebung, das von der Direktion der Aluminium A.-G. bestellt worden war, und dann 1930 der E. T. H. geschenkt worden ist, steht dasselbe im Vestibül oberer Stock, Ostflügel, des Hauptgebäudes der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich Jedermann zur Betrachtung offen.

Es ist schwierig, diesen Felsgrund zu beschreiben. Eine gründliche topographische Aufnahme war bisher nie möglich. Eine genaue Karte in großem Maßstabe, in welche man Einzelheiten eintragen könnte, fehlt also. Auch meine Versuche, mittelst Reliefphotographie etwas gutes zu erreichen, gelangen nicht befriedigend. Ich blieb stehen bei der Kartenskizze Fig. 5. Zwar besitzen wir eine große Zahl von Rheinfallphotographien, aber wenige, die zur Reproduktion sich eignen. Unter allen den Aufnahmen vom niedrigsten Stande fand ich keine, die mir vollauf paßte. Man müßte gleich ein Dutzend Bilder, einander ergänzend, auswählen.

Fig. 7. **Im trockengelegten obersten Teil des Schaffhauserfalles.** Knollig splittrige Schichten von Festeren überlagert, Algenpolster fast alles überziehend. Phot. C. Koch, Schaffhausen.

Die Beobachtungen vom 3. IV. 1921 ergaben allerlei, sowohl Erwartetes als auch Überraschendes.

Wie erwartet, zeigte sich der Algenpelz (vergl. Abschnitt 15, S. 45) den Fels überall bedeckend, wo das Wasser meistens strömt, nur fehlend, wo der Boden oft wasserfrei ist, oder am untersten Grunde der Strudellöcher und der tiefsten Rinnen, wo von Zeit zu Zeit spärliche Gerölle reiben. Er ist auch da vorhanden, wo das Wasser dauernd mit großer Geschwindigkeit darüber strömt und der Boden Jahrzehnte lang nie ohne überströmendes Wasser war. Das Algenpolster verlangt also möglichst stetiges Wasser und erträgt Entblößung vom Wasser nur sehr vorübergehend. Es kommt ebenso an flachen wie an steilen Stellen vor. Es ist von wechselnder Dicke strichweise wie ein zottiger Pelz, meistens von glatter Oberfläche. Die Rinnen kleidet er gewöhnlich bis nahe an den Grund aus. Auch die runden Kessel der Strudellöcher aller Größen überzieht es wenigstens in ihrem oberen Teile. Es erschwert das Herumklettern auf den Felsen. Schon mehrmals sind Unglücksfälle durch Ausgleiten vorgekommen.

Wir lassen hier noch weitere Notizen über die Gestalt des Rheinfalls und seines Felsbettes folgen, begleitet von einigen Bildern.

c) Die Stromschnelle oberhalb des Falles.

Der Rhein ist eigentlich schon von der Felsschwelle bei Flurlingen weg eine sanfte Stromschnelle. Nach Überwindung jenes (schon beschriebenen) Riegels fließt er noch ruhig bis 385 m Meerhöhe. Etwa 100 m oberhalb des linken Widerlagers der Bahnbrücke setzt plötzlich eine Reihe von Untiefen und Felsköpfen ein, die mehr oder weniger umschäumt werden oder bei Niederwasser vorragen. Diese Felsköpfe liegen in einer flußabwärts ausgebogenen Zone. In der Strommitte liegen sie etwa 50 m oberhalb der Brükkenmitte. Etwa 30 m oberhalb des rechtseitigen Widerlagers erreichen sie das rechtseitige Ufer. Zwei davon, beinahe in der Mitte des Flusses, bilden buschbewachsene

Felsinseln. An dieser ausgebogenen Felsenstufe beginnt die schäumende und Wirbel bildende Unruhe (siehe Titelbild). Hier beginnt die Stromschnelle, in welcher die Brückenpfeiler errichtet sind. In der Flußmitte gemessen 70 m unterhalb der Brückenmitte bei 380 m Meerhöhe setzt die Oberkante der großen Felstreppe ein. Sie verläuft ohne Unterbruch, wenn auch mit Vorsprüngen (Signal 1880) und Einbuchtungen quer durch den ganzen Strom, und bildet gewissermaßen den Vortritt für die tieferen Sprungbretter, von denen aus dann der 20 m hohe Absturz in das Wasserbecken unter dem Fall erfolgt. Aber der Rhein fällt nicht frei und glatt durch die Luft, wie etwa der Niagara oder der Staubbach, sondern er stürzt über eine Art Felstreppe mit mannigfaltiger Gestaltung und Hindernissen (Fig. 5).

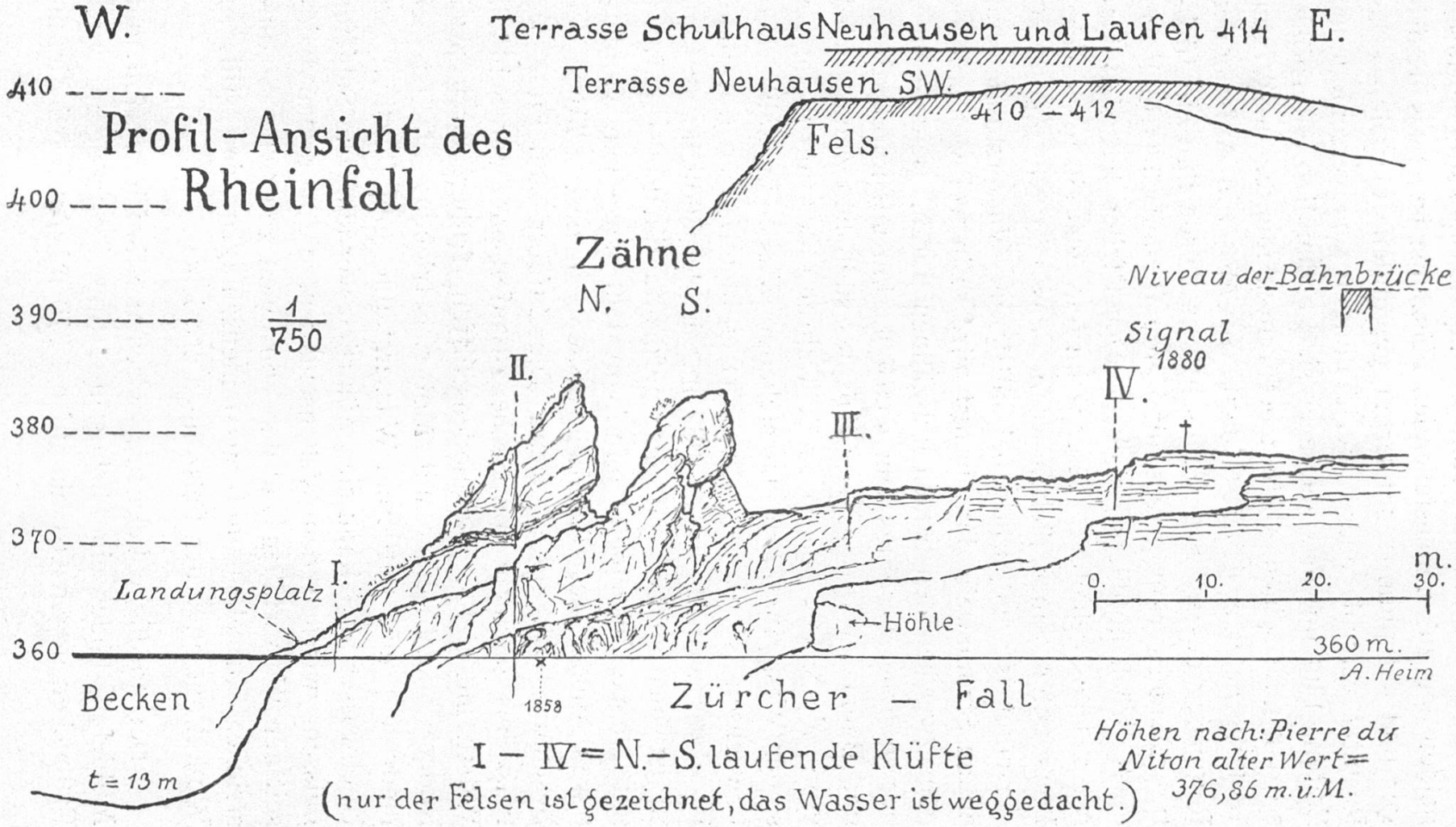
Die Gestaltung der beiden Hauptfälle ist recht verschieden. Die Hauptfurche des Schaffhauserfalles ist eigentlich mehr Stromschnelle als Wasserfall. Sie ist 75 m lang um ihr Wasser 20 m tiefer abzugeben, während beim Zürcherfall die 20 m Absturz in zwei bis drei Sprüngen, auf bloß 25 m Länge, erledigt werden.

d) Die „Felsen" oder Felszähne im Rheinfall (Fig. 4, 7, 8).

Die Form dieser mitten im Gebrause stehenden Klippen rechtfertigt den Namen Felszähne, um so mehr, als der eine schon ein Loch hat und auf der oberen Seite „plombiert" werden mußte, um nicht abzubrechen.

In der Verlängerung des ausgeprägtesten Vorsprunges der Oberkante, welche das auf 378,7 m stehende Signal von 1880 trägt, stehen nahe beisammen die zwei prägnanten Felszähne, die den Fall zerteilen. Merkwürdigerweise sind aber die Felszähne nach oben vom Signalrücken abgetrennt durch eine (372½ m) flache horizontale Stufe, die sich gegen N in den Schaffhauserfall, gegen S zwischen den beiden Zähnen entleert. Am Süd- und Westrand der Stufe ragen die überhängenden Felswände der

Fig. 8


W.
E.
Terrasse Schulhaus Neuhausen und Laufen 414
Terrasse Neuhausen SW.
410 – 412
Fels.
410
400
390
380
370
360
Profil-Ansicht des Rheinfall
1/750
Zähne
N. S.
Niveau der Bahnbrücke
Signal 1880
I.
II.
III.
IV.
Landungsplatz
Höhle
0. 10. 20. 30. m.
360 m.
A. Heim
Becken
1858
Zürcher – Fall
t = 13 m
I – IV = N.–S. laufende Klüfte
(nur der Felsen ist gezeichnet, das Wasser ist weggedacht.)
Höhen nach: Pierre du Niton alter Wert = 376,86 m. ü. M.

Zähne mächtig und unvermittelt empor. Der südliche dieser beiden eng zusammenstehenden Felszähne ist etwas niedriger und hat plumpe, sonderbar gewundene Gestalt — das Resultat verschiedener Unterhöhlungen aus verschiedenen Zeiten. Flußaufwärts zeigte er sich bedenklich unterhöhlt, so daß man seinen Absturz befürchten mußte. Im Winter 1879 wurde er gesichert (Baudirektor Moser im Auftrag der Regierung des Kt. Schaffhausen). Es wurde ihm ein tüchtiger Mauerwerkuntersatz mit Kante flußaufwärts in Form eines Brückenpfeilers gegeben. Der Pfeiler hat sich bisher tadellos gehalten. Dieser Zahn hat auch ein hochovales Loch unter seiner dicken Krone, das von NE gegen SE gerichtet ist und schon bei mittlerem Wasserstande von einem Stromzweig durchbraust wird. Ein weiterer solcher geht zwischen den beiden Felszähnen durch. Beide Zähne, der südliche allerdings sehr spärlich, sind mit Rasen, Busch und Baum bewachsen. Der Fuß des südlichen Zahnes wird vom Wasserfall übersprudelt, während der nördliche an seiner Westseite bis an das stehende Wasser im Fallbecken bewachsen ist und stets wasserfrei bleibt. Der nördliche ist etwas weniges höher, 385 m, als der südliche, 384 m. Er ist auch spitzer und edler geformt. Ein Fußsteg führt mit Treppe auf seinen Gipfel, von dem man einen wunderbaren Anblick des Rheinfalls genießt, in dessen Mitte der Beschauer sich gestellt sieht. Die Zufahrt zum Fuße des Felszahns geschieht von Fischenz-Laufen oder von Schlößli Wörth mit guten Flachbodenschiffen, früher durch zwei Ruderer, jetzt leider mit Motor getrieben. Sie ist bei niedrigem und mittlerem Wasserstande ungefährlich, bei Hochwasser aber kann sie gefährlich werden. Die Schiffer müssen zwischen den Wellenschlägen, die von den beidseitigen Wasserfällen und den von ihnen genährten Stromstrichen ausgehen und zusammenschlagen, den stilleren Winkel am Fuße des Felszahnes erreichen.

Der nördliche Felsgrat, zwischen Schaffhauserfall und Mühlefall, bildet eine bebuschte Rippe, aufsteigend vom Fallbecken gegen Ost bis auf ca. 375 m. Auch bei diesem

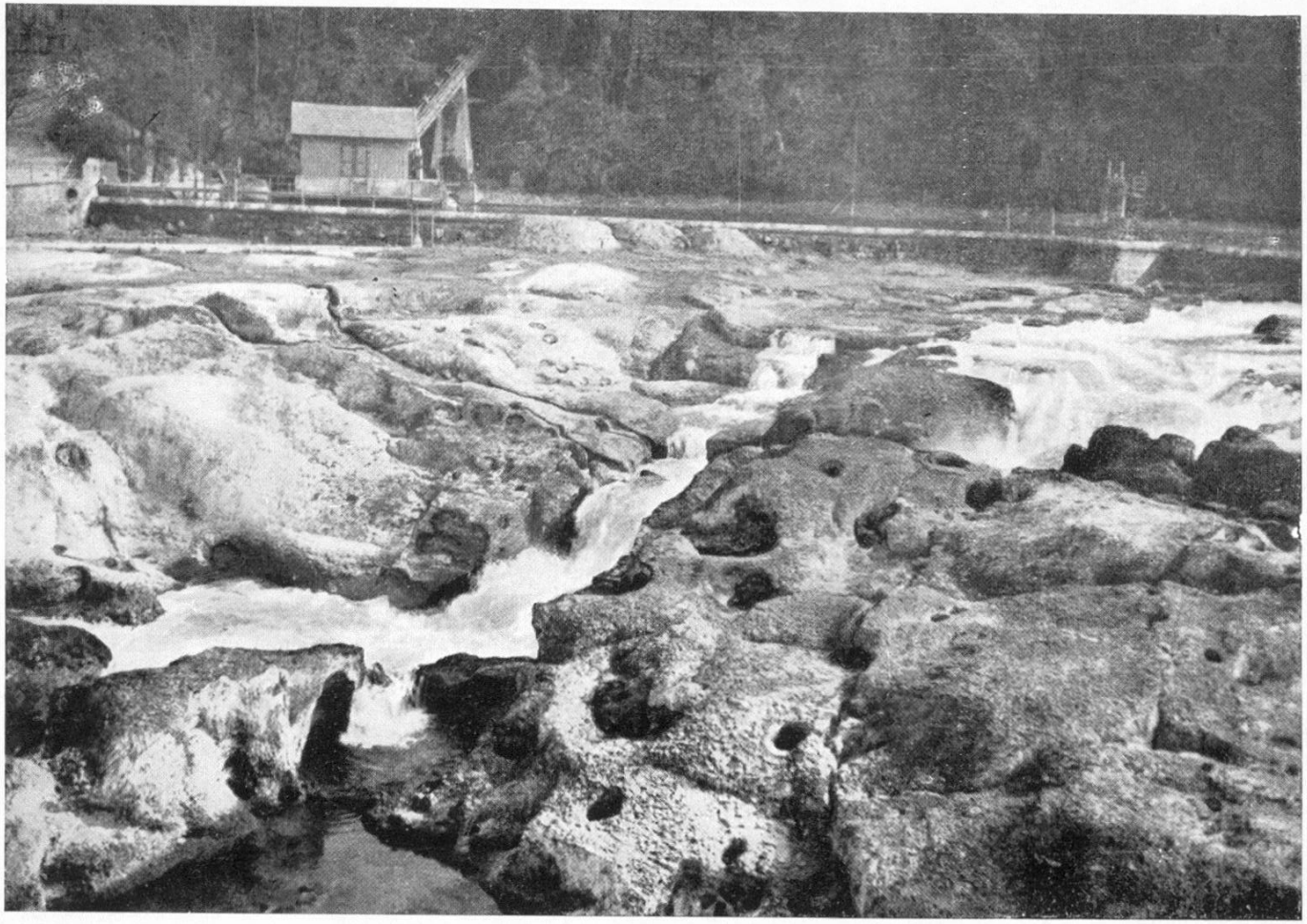


Fig. 9. **Felsboden im obersten Teil des Schaffhauserfalles,** das Wasser in die eine tiefste Rinne zurückgegangen; die Felsfläche mit Strudellöchern besetzt und mit Algenpolster überzogen, →← = Kluft No. IV von Fig. 8. Aufnahme bei außerordentlichem Niederstande am 27. III. 1921 von Dr. F. Stierlin.

Felsen ist die Oberseite steiler und etwas unterhöhlt. Er ist durch eine Querkerbe geteilt und oben durch eine solche abgeschnitten.

e) Die Strudellöcher (Kessel, Töpfe), Fig. 9.

Wenn man bei ganz niedrigem Wasserstande auf die Felsen der Schnelle oberhalb des Schaffhauserfalles vordringt, sieht man in großer Zahl Erosionskessel, „Strudellöcher“, im Felsen. Sie sind senkrecht wie eingebohrt. Auch die kleinen von oft nur 20 bis 30 cm Durchmesser können ½ bis über 1 m tief sein. Andere haben ein bis mehrere Meter Durchmesser. Die meisten sind beinahe kreisrund, Manche verschmelzen mit Nachbarn, andere liegen ganz zerstreut isoliert. Ich habe im Felsbett des Rheinfalles schön ausgebildete Strudellöcher etwa 50 und teilweise unvollständige etwa 150 gezählt. Sie sind am besten ausgebildet am Übergang von der Schnelle zum Fall bei 370 bis 380 m Höhe und typischer im Gebiete des Schaffhauser- als des Zürcherfalles. Am überraschendsten erscheinen sie auf dem Rückenende des Signalfelsens mit der Jahreszahl 1880 westlich gleich unter der Felsspalte. Im Grunde der Rinnen scheinen sie zu fehlen, ebenso im Gebiete der Steilfälle. Sie sind untereinander meist nicht verbunden. An Abhängen oder Rinnenrändern erscheinen sie hie und da als halbangeschnittene zylindrische Nischen. Am auffallendsten und isoliertesten befinden sie sich auf den flacheren oder gestuften und höckrigen Felsflächen zwischen den tiefen Rinnen (Fig. 9). Im Bette der Hauptströme auf den stätigsten Wasserrinnen dagegen werden sie ganz ersetzt durch die Kesselrinnen. Ich erinnere mich nicht, isolierte Strudellöcher auf den Felsplatten bei der Bahnbrücke gesehen zu haben.

Niemals habe ich die Strudellöcher bis an ihren oberen Rand mit Geröllen gefüllt getroffen. Sie enthalten an ihrem Boden nur ein paar Schaufeln von meistens kleinen Geröllen (Durchmesser unter 3 cm). Die wenigen Geschiebe, die der Rhein führt, werden von den Töpfen wie von Fallen abgefangen und gesammelt. Sie bleiben darin lange

liegen und bewegen sich nur bei Hochwasser wirbelnd. Sie feilen dann nur den einzelnen Topf, in den sie gefallen sind, etwas tiefer, anstatt eine zusammenhängende Kesselrinne zu Stande zu bringen, und sie werden selbst dadurch allmälig kleiner. Niemals habe ich hier Erosionskessel gesehen, die mit großen Geschieben bis an ihre Oberkante gefüllt wären, wie sie den Stromschnellen geschiebereicher Flüsse und Bäche eigen sind. Einlauffurchen und Ablauffurchen fehlen. Der Algenpelz des ganzen Rheinfallbettes bekleidet auch den scharfen Rand der Strudellöcher und deren senkrechte hohlzylindrische Innenwand. Erst im untersten Teil des Strudelloches ist der Fels kahlgeschliffen und auf dem Grunde liegen einige Handvoll glattgeriebener, meistens kleiner als eigroßer Geschiebe mit grobem Sand. Man sieht also, die Strudelbewegung bringt die Geschiebe nur im untersten Teil des Loches in Bewegung zur Schleifarbeit. Die Gerölle kommen nicht über den Rand, sie bleiben zu unterst in ihrem Topf, bis sie sich gegenseitig ganz zerrieben haben. Nach und nach wird die Mühle durch Fang einiger neuer Gerölle wieder ergänzt. Diese Erscheinungen sind bezeichnend für die Geschiebearmut des Flusses und in Folge davon die Inkontinuität der Schleifarbeit in den Rinnen.

f) Die Rinnentröge (vergl. Fig. 5)

sind eine besondere Erscheinung des Stromschnellengrundes über dem Rheinfall. Wir finden da an drei Orten, daß eine Stromrinne sich fast plötzlich vertieft, verbreitert und dann nach etwa 40 m Länge plötzlich von einer Felsschwelle abgedämmt wird. Das Wasser überströmt, breit verteilt und untief, die Schwelle, ohne sie durchschneiden zu können. Ein unterirdischer Abfluß unter der Schwelle ist nicht vorhanden. Auch beim niedrigsten Wasserstande geht anscheinend so viel Wasser über die Schwelle, wie die Rinne von oben bringt. Die Breite dieser trogförmigen Löcher im Laufe der Rinnen beträgt 5 bis 15 m, die Länge um 30 bis 45 m. Die Tiefe scheint bedeutend (über 3 m, viel-

leicht bis 6 m) zu sein, ist aber noch nie gemessen worden. Ob sich Gerölle an ihrem Grunde finden, weiß man nicht. Wäre das der Fall, so könnten sie dort unten doch nicht mehr bewegt werden, sie würden tod liegen bleiben. Nirgends zeigen sich die geringsten Spuren mechanischer Ausschleifung. Die Ränder der Tröge sind ohne Kesselformen, karrig, eckig. Mir scheint, daß nur chemische Erosion sie geschaffen haben kann. Innerhalb der Berührung von Wasser arbeitet die chemische Auflösung im Raume unorientiert, oft widersinnig zum Gefälle, seitlich und nach oben besser als nach unten. Sie könnte solche flußwidrigen Tröge erzeugt haben. Sie arbeitet ungeheuer langsam, weßhalb auch die Rinnentröge, nach ihrer Form dem Wasserfließen nicht angepaßt und sicherlich sehr stabil sind. Vielleicht sind Variationen in der Löslichkeit (wechselnde Reinheit oder Dichte oder schwankende chemische Beschaffenheit des Gesteines) die Ursache.

Zwei sehr schön ausgeprägte Rinnentröge liegen direkt nacheinander an der linken Seite des Rheines vom Durchlaß durch den ersten linksseitigen Bogen der Eisenbahnbrücke nahe zur äußersten Felsecke von Schloß Laufen (Fig. 5). Der erste dieser Tröge endigt 35 m unterhalb der Brücke an einer nur etwa 5 m breiten Querschwelle des Felsgrundes. Der zweite beginnt gleich unterhalb dieser Schwelle, ist 15 m breit, 45 m lang und überströmt dann die untere bis 15 m breite, glatte Felsschwelle in auf 30 m verbreitertem, untiefem Überlauf. Ein dritter Rinnentrog liegt etwa 100 m flußaufwärts der Mitte der Eisenbahnbrücke. Eine tiefe Rinne von 5 bis 8 m Breite geht zwischen zwei kleinen Felsinseln durch und schließt etwas weiter talwärts plötzlich ab, so daß ihr Wasser aufgestaut wird und fächerförmig auseinandergehend in seichter Verbreiterung seinen Abfluß suchen muß (Fig. 5).

Mehrmals sieht man auch, daß tiefe Rinnen sich allmälig veruntiefen und ihr Wasser zum Überlaufen zwingen. Die Rinne unter Brückenbogen 6, von rechts gezählt, scheint eine Zwischenform des eigentlichen Rinnentroges zu kontinuierlicher Rinne zu sein.

Ob die Erscheinung der Rinnentröge, wo es völlig aussieht, als wäre ein großer, rechteckiger, tiefer Trog in den Weg einer Rinne künstlich eingesetzt worden, auch noch anderwärts sich findet, weiß ich nicht. Ich kenne vorläufig nur die drei genannten in der Stromschnelle ob dem Rheinfall.

g) Die Höhle unter dem Zürcherfall (Fig. 10).

In der Mitte der untersten Stufe des Zürcherfalles, 360 bis 368 m, wo eine große Wassermasse wie von einem Sprungbrett herausschießt, hat sich am 3. IV. 1921 eine große hohlkugelförmige Höhle von 5 bis 6 m Durchmesser gezeigt, die man kaum kannte. Schalenförmig von Fels überdacht bildet sie diese hohle Sprungstufe, unter die man am 3. IV. 1921 vom Schiff aus eintreten konnte. Der Boden der hohlen Felskugel mündet fast genau im Niveau des Wassers im Fallbecken. Diese Höhle ist kein Sprudelloch, sondern anscheinend eine wirkliche innere, jetzt vom Gehänge angeschnittene Kalksteinhöhle. Noch einige ähnliche, aber viel kleinere angeschnittene Felshöhlen sind am Rande des Fallbeckens sichtbar geworden. Der Fall hat sie nur geöffnet, aber nicht geschaffen.

h) Die Querklüfte im Fels des Rheinfalles (vergl. Fig. 5, 8 und 9).

Eine sonderbare Erscheinung im Rheinfallfelsen sind, deutlich sichtbar, vier große, fast den ganzen Fall durchquerende und mehrere kürzere N—S laufende, fast geradlinige, senkrechte Felsbrüche. Sie klaffen meistens nur wenig, sind aber durch Abbröckeln der Ränder und Zersplitterung des anliegenden Gesteines sichtbar. Oft ist die kaum einige Zentimeter weite Kluft mit Bolus (Ton) ausgekittet, nur hie und da ist sie offen. Wahrscheinlich sind es „tafelgebirgische Verwerfungsspalten“. Richtung und Höhe des Sprunges konnten wir bisher nirgends erkennen. Sie durchschneiden quer die Felsrinnen wie die Scheiderücken. Keine nennenswerte

Phot. C. Koch

Schaffhausen

Fig. 10. **Höhle unter dem Zürcherfall,** 3. IV. 1921.

Wasserrinne benützt sie, keine solche ist durch diese Brüche wesentlich gerichtet worden.

No. I, der westlichste der Brüche, schneidet „durch die Zehen der Füße“ der sämtlichen Felzzähne oder Felsrippen, die den Rheinfall gliedern. Am Landungsplatz der Schiffe unter dem großen Felszahn ist diese Felskluft gut zu sehen. Nördlich reicht sie bis zur Aluminiumfabrik und ist gegen S auch noch am Fuß des Laufenfelsens zu finden.

No. II läuft nahezu parallel mit I, um 16 m weiter östlich. Er schneidet etwa 6 m westlich unter dem Gipfel des großen Zahnes durch dessen Nacken und ist an der S Seite bis ins Wasser des Fallbeckens unter dem S Zahn zu sehen (Fig. 8). An der N Seite kann man ihn bis an den Mühlefall verfolgen.

Der Rücken zwischen Schaffhauserfall und Mühlefall wird östlich No. II noch durch 5 kurze Klüfte durchquert, die untereinander 3 bis 6 m Abstand halten. Wir nummerieren diese nicht, weil sie bisher weder nach N noch nach S sicher verfolgt werden konnten.

No. III folgt 28 bis 32 m östlich und parallel mit No. II. Dieser Bruch setzt unter der S Ecke des alten Eisenhammergebäudes ein und schneidet die Felsrippe N des Schaffhauserfalles gegen Osten ab. Dort sieht er aus wie ein Grabenbruch (= Einsenkung eines Mittelstückes zwischen einem Paar paralleler Steilbrüche). Im Boden des Grabens liegen zwei große Strudelkessel. Die Kluft III durchschneidet dann den westlichen Fuß des Rückens, der das Signal 1882 trägt, fast in der Mitte zwischen dem großen Zahn und dem Signalpunkt.

No. IV schneidet der Signalplatte etwa 6 m W des Signales ihre westliche Zungenspitze ab. Wie ein von einem Riesenmesser versuchter Querschnitt durch das Flußbett greift er durch die Rinnen und Rücken in vollständiger steifer Mißachtung von Form und Wasser, sichtbar vom N Ufer (Fig. 9), bis an's S Ufer am Fuße des Laufenfelsens.

Weiter flußaufwärts sind mir bisher weitere solche Klüfte im Gestein nicht sichtbar geworden; ich habe aber

auch nicht besonders darnach gesucht. Die Felsklüfte im Rheinfallbett haben keinen wesentlichen Einfluß auf dessen Gestaltung. Die großen Rippen und Zähne gestalteten sich nicht nach den Klüften, sondern trotzen denselben. Kaum daß die Rippe zwischen Mühlefall und Schaffhauserfall sich von den Klüften das Rückgrat etwas einkerben läßt, seine Gesamtgestalt ist den Klüften gegensätzlich. Im südlichen Teil des Falles sind einige Felsplatten an den Klüften abgestutzt, andere endigen ohne Veranlassung durch Klüfte. An den beiden großen Felszähnen ist keine einzige Außenfläche durch die Klüfte bedingt, ihre Formung ist von solchen ganz unabhängig. Auch für den tektonischen Bau des Gebietes scheinen diese Brüche von geringer Bedeutung zu sein. Das westliche Ende der Jurakalkmasse von N nach S vom westlichen Tunneleingang Neuhausen, westlich dem Rheinfallfuße entlang und westlich unter dem Schloß Laufen, ist keine Kluft, sondern das ist die linksseitige Steilwand der altinterglazialen Erosionsrinne. Daß der Rheinfall zürcherischer Hälfte an einigen Stellen zusammenfällt mit westlichen Abbrüchen von Felsen-Sprungplatten, im schaffhauserischen Teil dagegen die Ost—West gerichteten tief eingeschnittenen, die Klüfte rücksichtslos quer durchschneidenden Erosionsrinnen dem Falle seinen besonderen Charakter aufprägen, ist ein weiteres Zeugnis für die Unabhängigkeit der Rheinfallgestaltung von den Klüften.

Zu einer gewissen Zeit ist einmal viel behauptet worden von großen Massen von Wasser, die dem Rheinfall verloren gingen durch Versickerung in diesen Querklüften und man hat daraus aberteuerliche Schlüsse gezogen. Allein die Klüfte sind meistens mit Lehm verstopft. Sie mögen zum Teil mit Wasser gefüllt sein, allein wo sollte dasselbe ausfließen können? Bleibt die Füllung ohne Abfluß, so ist auch kein Einfluß mehr möglich. Der Wasserabflußstollen von 60 m Länge aus dem etwas über 7 m tiefen Turbinenschacht rechtsseitig oberhalb des Wasserfalles hat drei dieser Querklüfte unter der Rinne des

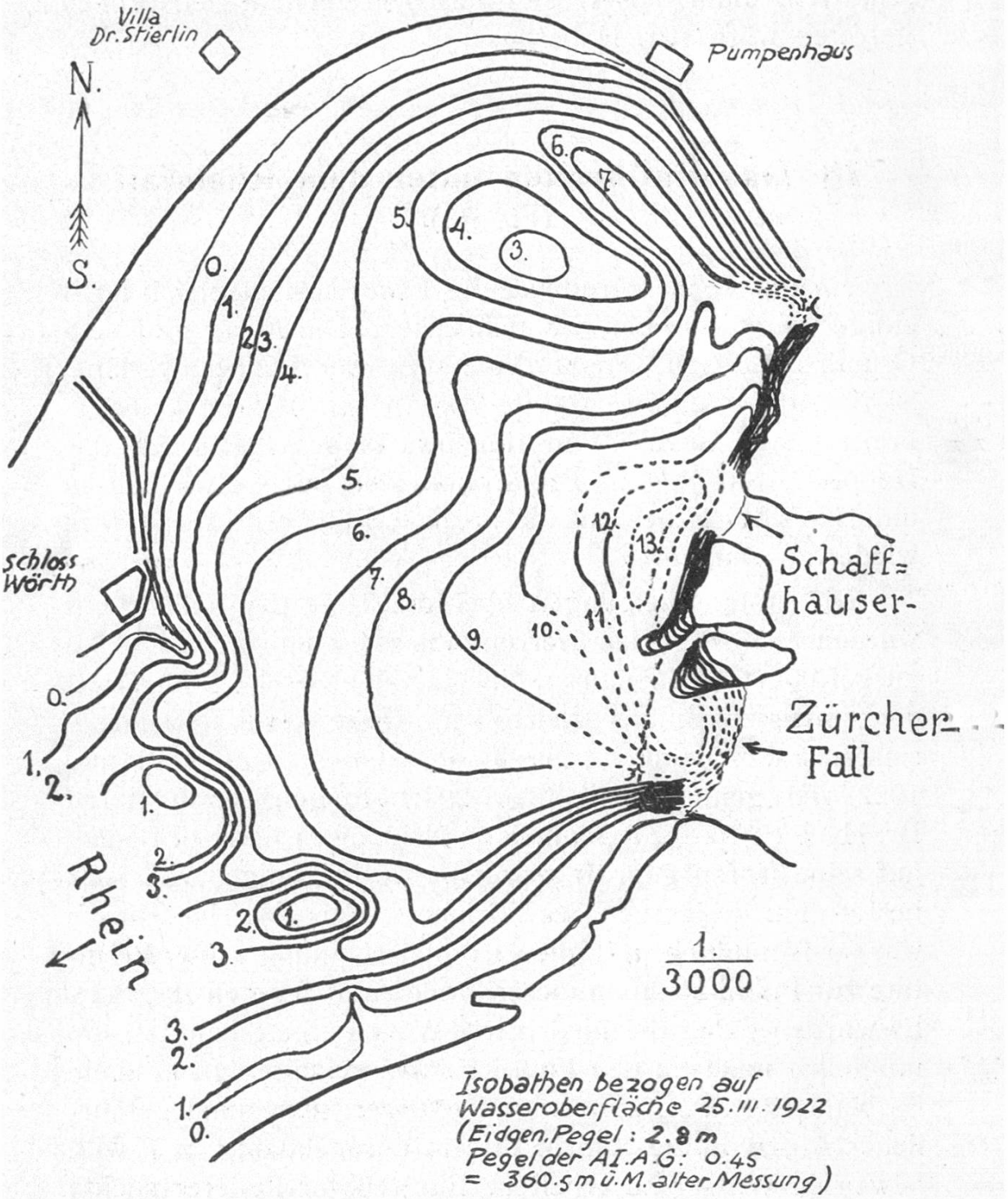
Mühlefalles und 2 bis 7 m tief unter dem Rhein durchschnitten, ohne daß Wasser aus denselben in den Stollen getreten wäre (Dr. Haberbosch).

18. Das Fallbecken unter dem Rheinfall (Fig. 11).

An unsere Beschreibung des Falles schließen sich noch einige Angaben über das Fallbecken. Die Karte gibt sein Grundrißbild. Die Front des Falles, der Fallfuß, verläuft S—N und hat eine Fußbreite von 150 m. Das Becken verbreitert sich etwa 50 m flußabwärts des Falles auf das Doppelte, auf 300 m Breite und zieht sich etwa 400 m unterhalb des Falles auf die normale Flußbreite von 100 m wieder zusammen.

Die ersten Messungen über die Tiefe des Fallbeckens wurden 1858 von den Herren Amsler und Merklein ausgeführt. Sie fanden an einer einzigen Stelle 10 m Tiefe, sonst meistens immer gleich 6 m. Diese Resultate sind an sich unwahrscheinlich. Das Fallbecken ist dann 1921 und 1922 viel genauer mit über 200 Lotungen durch Herrn Dr. Haberbosch, damals in Neuhausen, jetzt in Baden, auf seine Tiefen geprüft worden. Die Messungen von 1922 bestätigten diejenigen des Vorjahres. Herr Dr. Haberbosch war so freundlich, mir die Originalzeichnung seiner Resultate zur Publikation an dieser Stelle zu übergeben (Fig. 11). Es wurden dabei die niedrigsten Wasserstände benutzt, um möglichst nahe an den Fuß der Fälle gelangen zu können. Es bedurfte ausdauernder und mutiger, manchmal gefährlicher Anstrengung, um in diesem unregelmäßig, z. T. wild bewegten Wasser zu arbeiten. Ein geübter Ruderer suchte das Schiff möglichst an der Stelle zu halten, während ein Assistent durch Visuren die Stelle fixierte, und Dr. Haberbosch die Lotung vornahm. Den Unterschied gegenüber den paar Messungen von 1858 kann ich mir durchaus nicht als eine Veränderung in der Natur denken. Vielmehr

Fig. 11



Isobathen-Skizze des Rheinfallkessels.

nach ca. 200 Lotungen vom 24.III.1921; 23.IV.1921
25.III 1922; 26.III 1922

Dr. P. Haberbosch.

mußte 1858 irgend ein Fehler in den Instrumenten oder durch einen andern Umstand sich eingeschlichen haben.

Unmittelbar am Fuße des Wasserfalles ist der Fels fast senkrecht abgebrochen. Dieser Absturz erstreckt sich der ganzen Wasserfallfront entlang auf 120 m Strombreite — durch die Messung erwiesen. Es folgt weiter südlich ein Unterbruch in den Messungen durch den Zürcherfall, und dann meines Erachtens Fortsetzung geradlinig in der Felswand W vom Schloß Laufen und in der gegen S einstechenden vertikalen Grenzfläche zwischen Jurakalk und Quartärschotter beim unteren Laufen-Tunneleingang. Das ist durchgehend die nun abgedeckte linksseitige Felswand der altinterglazialen Rheinschlucht, die vom Wasserfall nur unbedeutend zurückgedrängt worden ist. Der Rheinfall hat diesen Felsabsturz nicht geschaffen, sondern vorgefunden und abgedeckt. Eine Einbuchtung talaufwärts um etwa 20 m hat einzig der Zürcherfall in der Bettbreite von etwa 40 m zu Stande gebracht.

Das Becken erreicht seine größten Tiefen unmittelbar an seiner ostseitigen Steilwand mit 13 m. In dem großen Becken steigt dann der Boden in allen Richtungen radial von der tiefsten Stelle gegen N, NW, W, SW und S an, bis zu einem Kranz von Untiefen von 1—3 m. Die Untiefen liegen vor dem Fuß des Schaffhauserfalles zum Teil schon in ca. 100 m Entfernung, während sie vor dem Zürcherfall einen ausgeprägten Bogen von 160 m Radius vom Laufenfelsen bis über Schlößchen Wörth wie eine Barriere bilden. Auch darin äußert sich die Übermacht des Zürcherfalles. Mir scheint, daß diese Barriere der Untiefen entstanden ist durch Nichterosion, oder gar durch jahrhunderte alte Anhäufung der spärlichen Geschiebe in Folge rascher Abnahme der Stoßkraft des aus der Beckentiefe aufsteigenden und radial sich ausbreitenden Wassers. Der Beckenboden steigt gegen den Beckenrand erst ganz langsam, dann schneller und endlich rasch an. Die Beckenbarriere bleibt aber unter Wasser. Gegen N biegt das Ufer des Beckens weiter aus als die Barriere der Untiefen. In

dem 40 bis 60 m weiten Zwischenraum, der auf 7 m Tiefe greift, bewegt sich eine Rückströmung gegen SE, welche zum Schaffhauserfalle gehört. Das Wasser des letzteren umkreist die Untiefe im nördlichen Teil des Beckens, wohl weil ihm der Zürcherfall den direkten Weg zum Abfluß versperrt. Der Zürcherfall dagegen bedarf eines solchen Wirbels nicht. Auch in der Form des Beckengrundes zeigt sich die Zweiteilung in Zürcherfall und Schaffhauserfall. Der erstere direkt zu den Abflußtüren aufsteigend, der letztere sich erst noch im Kreise drehend. Gegen SW wird die Barriere unterbrochen durch zwei Furchen von 2 bis 3½ m Tiefe, die nun den Austritt für den Hauptfluß des Rheines aus dem Becken besorgen.

Das Verhältnis des Rheinfalls zu seinem Becken wird besonders verständlich, wenn wir bedenken, daß hier der Strom ganz von der Seite her, in rechtem Winkel zu seiner alten Tiefrinne in dieselbe herunter stürzt. Das Becken aber ist ein nur etwas erweitertes Stück der alten Tiefrinne und entleert sich deshalb in deren Richtung nach S. Der Zürcherfall staut den Schaffhauserfall, weil der letztere oberhalb des ersteren sich quer in die Rinne stürzt. Nicht der jetzige Talweg des Rheines „wendet sich um mehr als 90° nach links", sondern der obere Lauf nach NW bricht ab und fällt in den unteren nach S gerichteten. Es ist kein Übergang, keine Umbiegung, sondern ein Richtungsbruch, an den der Rheinfall durch seine Entstehungsgeschichte gebunden ist.

Wie zu erwarten war, bestunden die Grundproben, die Dr. Haberbosch aus dem Becken geschöpft hat, alle aus tüchtig sauber gewaschenem Kies und grobem Sand. Für Absatz von feinerem Sand und Schlamm wird im Becken niemals der Ruhe genug sein.

Herr Dr. Eug. Müller-Bernet in Männedorf hat uns sodann aus der Haberbosch'schen Tiefenkarte noch folgende Zahlen messend und ausrechnend gewonnen:

Oberfläche des Bassins	=	58 960 m²,	= ca. 5,9 ha
Rauminhalt des Beckens	=	336 460 m³	
Mittlere Tiefe desselben	=	5,71 m	

Daraus ergeben sich ferner folgende Zahlen über die Erneuerung des Beckenwassers bei verschiedenen Rheinständen:

100 m³ per Sek.	(minimum)	Erneuerung im Tage	25 mal
400 m³ „ „		„ „ „	100 „
600 m³ „ „	(maximum)	„ „ „	150 „

Das ist eine Erneuerung des Beckenwassers bei Niederstand 1 mal per Stunde, bei Hochwasser alle 5 bis 15 Minuten 1 mal.

Ich bin überzeugt, daß auch das Rheinfallbecken sich recht stabil verhält. Es ist auf den stabilen Zustand des Rheines oberhalb wie unterhalb längst eingestellt und hat keine Ursache zu Änderungen.

Das Bett unseres Wasserfalles birgt noch manche Merkwürdigkeiten, und manches ist noch unverstanden. Es wäre nur zu wünschen, daß bei einer Wiederholung des Ereignisses vom 3. IV. 1921 eine Anzahl Beobachter sich vorher zu systematischer Arbeit organisieren und mit den richtigen Apparaten (z. B. photogrammetrischen etc.) versehen könnten. Es fehlt uns eben noch eine genaue Karte in Horizontalkurven. Es fehlen auch genaue Beobachtungen über den Zustand des Felsens auf Höckern, in Rinnen und Strudellöchern, über das Algenpolster und sein Leben, und vieles andere mehr.

19. Die Siedelung um den Rheinfall.

In der Besiedelung des Rheinfallgebietes spiegelt sich die geologische Gliederung in typischer Wirkung ab. Es sei nur darauf hingewiesen, daß hier auf kleinem Raume vier ganz verschiedene Typen von Besiedelungen nahe beisammen liegen.

Den linken Torpfosten des Rheinfalls krönt das Schloß Laufen. Es stammt aus dem ritterlichen frühen Mittelalter und wurde 1554 wesentlich erweitert.

Die linke, zürcherische Seite des Rheines weist uns konzentrierte Bauerndörfer mit weiten umgebenden Feldern, Wiesen und Weingeländen auf, deren Bepflanzung der Terrassierung angepaßt ist (Flurlingen, Uhwiesen, Dachsen).

Ganz anders verhält sich das Land rechts des Stromes. Da treffen wir 1 km talauswärts des Rheinfalles das altklassische Fischerdorf Nol auf einer kleinen, scharf ausgesprochenen Terrasse von höchstens 70 m Breite und 600 m Länge, 24 m über dem hier fischreichen Unterstrom. Es gehört politisch zur linken (zürcherischen) Seite, und ist durch eine Schiffähre mit derselben verbunden.

Rechtsseitig war der Rheinfall als Kraftquelle leicht zu erfassen. Da hat sich seit 1693 die Industrie angesiedelt. Seit dem 17. Jahrhundert bis 1850 wurde auf der Randenhochfläche bei Lohn und Stetten im sogenannten Reyath und in einer großen Anzahl von Tagebauen auf der Bergfläche Laufenberg, zwischen Rhein und Klettgau, Bohnerz mit Erfolg ausgebeutet. In dieser Zeit sollen im Hochofen in Laufen am Rheinfall etwa 70 000 Tonnen Roheisen gewonnen worden sein. Auch am linken Rheinufer oberhalb des Rheinfalles bis Flurlingen konnten damals etwa 100 Zentner Bohnerz gegraben werden. Der „Eisenhammer am Rheinfall“ war in lebhaftem Gange. Jetzt sind diese Vorkommnisse erschöpft. Später folgten die Kraftindustrien. Besonders seit 1880 hat dieselbe am Rheinfall rücksichtslosen Aderlaß getrieben und das erst kleine Häufchen von Häusern, das sich Neuhausen nannte, zum großen Industrieorte aufschwellen lassen, das drei Bahnlinien und eine Tramlinie bedienen und von großen Fabriken, im Besonderen den Aluminiumwerken und der „Schweiz. Industrie-Gesellschaft“ beherrscht wird.

Alte Burg, Bauerndörfer, Fischerdorf und moderner Industrieort liegen in typischer Ausbildung heute noch fast unvermischt nahe beieinander!

Zur Industrie Neuhausens gehörte vor 50 bis 150 Jahren auch sehr wesentlich die „Fremdenindustrie". Fremdenindustrie und Fabrikationsindustrie gerieten öfter in scharfem Widerspruch zueinander. Die letztere hat die erstere weit überwuchert. Das einst größte, weltberühmte und beste Hotel der Schweiz, der „Schweizerhof am Rheinfall", mußte aufgegeben werden. Wer den herrlichen Rheinfall genießen wollte, blieb früher einige Tage hier. Jetzt kommt er mit Bahn oder Auto herangesaust, sieht eine oder zwei Stunden den Rheinfall an und verschwindet sofort wieder.

Unterdessen ist in der zivilisierten Menschheit langsam Schritt für Schritt eine neue Einsicht aufgegangen. Ist die Natur nur dazu gut, um materiell ausgenutzt und ausgequetscht zu werden? Enthält sie in ihren Herrlichkeiten nicht auch höhere Werte, die ein Gemeingut der ganzen Menschheit sein und bleiben sollten, und nicht der Spekulation einzelner Gruppen ausgeliefert bleiben dürfen? Langsam erwachte das Bewußtsein, daß es höchste Zeit ist, der Zerstörung der Naturschönheiten Einhalt zu gebieten, wenn nicht unser Land und mit ihm unsere Herzen veröden sollen. Naturschutz nennt sich diese Einstellung. Sie ist vielfach eng verflochten mit ihrem Bruder, dem Heimatschutz, und zahlreiche Vereine und lokale Kommissionen treten für den Naturschutz ein.

Auch der Rheinfall bedarf des Naturschutzes! Im Jahre 1887 war es notwendig, daß er machtvoll einsetzte (Jahrbuch des Schweizer Alpenclub XXII, 1887) und fortan muß er mit wachsamem Auge walten!

20. Schlußwort.

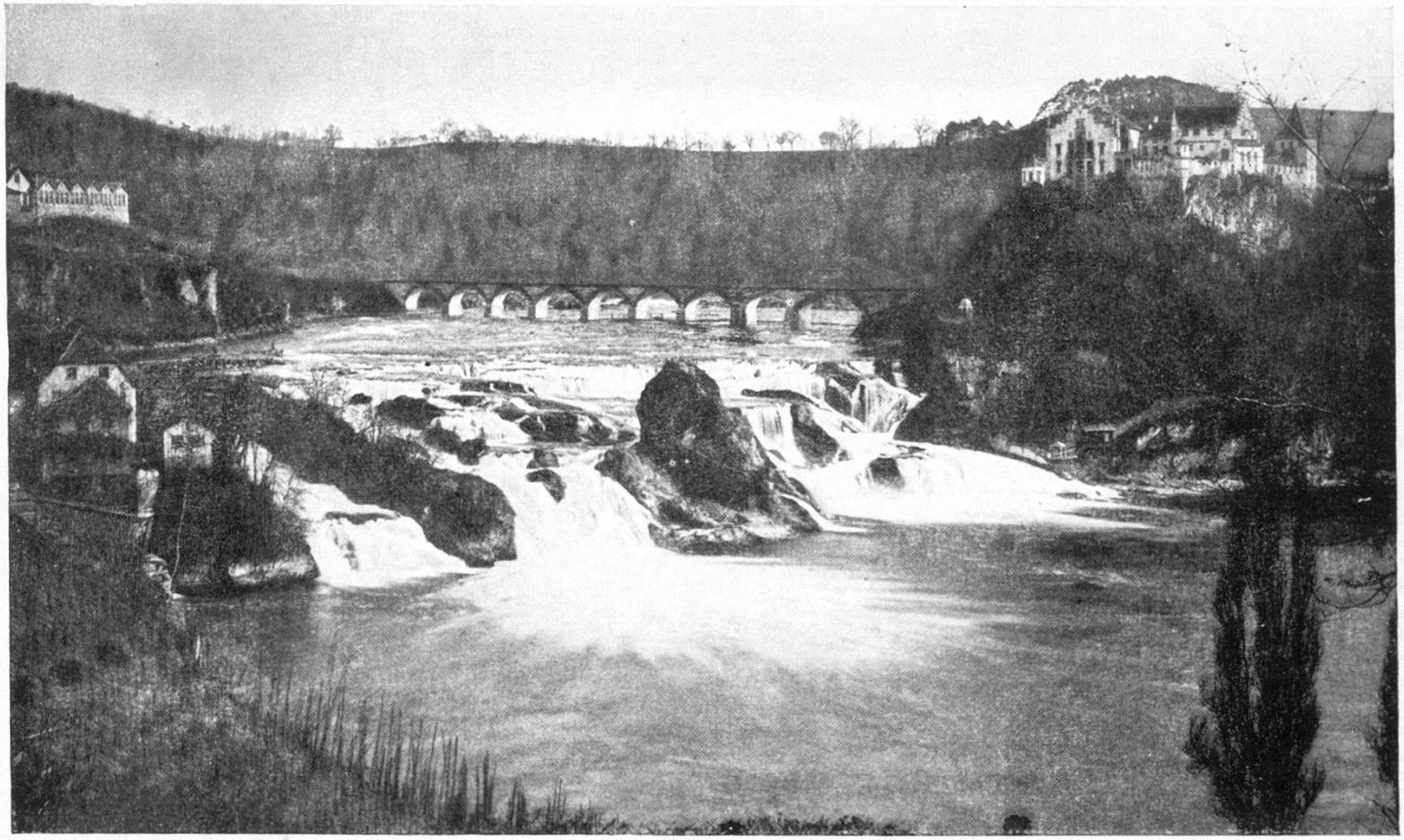
Wer den Rheinfall lieb hat, der muß ihn in ganz verschiedenen Wasserständen und von allen Seiten beobachten. Bei Niederwasser wird er die feine mannigfaltige Gliederung bewundern, bei starkem Strom wird ihn die ungeheure Macht des stürzenden Wassers fesseln. In Ehr-

furcht wird er sich den ganzen Kreislauf des Wassers überdenken, der stille in gleicher Zeit die gleiche Wassermasse, die hier vor unsern Augen niederstürzt, durch Verdunstung aus den Ozeanen in die Luft hebt und in Wolken und Winden durch alle Erdteile treibt. Und doch führt unser Rhein kein Hundertstel aller Wasseradern unserer Festländer. Der Freund des Rheinfalles muß ihn im Sonnenglanze sehen, wenn Regenbogenfarben durch seinen auffahrenden Wasserstaub ziehen und er muß im milden Mondschein mit ihm verkehren. Er muß ihn sehen, wenn die umgebenden Wälder in frischem Frühlingsgrün prangen, und wenn der Herbst sie vergoldet. Er muß ihn auch im strengen Winter bewundern, wenn der Wasserstaub phantastische Reifgestalten erzeugt hat und seine Ränder im Sonnenglanz des weißen Kleides in Millionen von Kristallen funkeln. Und er muß auch seinem Gesange aus der Ferne und in der Nähe gelauscht haben! Mit tief erschütternder brummender Stimme tönt ununterbrochen der tiefe F-Dur-Akkord, begleitet von höheren C-Dur-Tönen. Er singt als der gewaltigste ausdauerndste schweizerische Sängerchor der Natur ein begeistertes Loblied.

Wie uns seine Entstehungsgeschichte gelehrt hat, ist der Rheinfall erst nach dem Dasein von Menschen in diesem Lande entstanden. Er ist aber derart angelegt, daß er außerordentlich lange unveränderlich auszuhalten vermag. Es kommt nur darauf an, daß wir Menschen ihm nicht die Treue brechen, sondern ihn in seiner Pracht schützen und ihn vor zerstörender Verschacherung an den Mammon bewahren. Er ist in seiner Macht und erhabenen Schönheit ein Heiligtum der Natur, ein Tempel unseres Vaterlandes.

Phot. C. Koch Schaffhausen 1910

Fig. 12. **Rheinfall gesehen von S** (Park Schlößli Laufen), **hoher Wasserstand.**



III. 1881. Phot. C. Koch, Schaffhausen

Fig. 6. **Bei kleinem Wasserstand aus NW gesehen.**