Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft

Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft

Band: 16 (1923)

Artikel: Beiträge zur Geologie u. Hydrologie des Geissberges bei Villigen (Aargau)

Autor: Wingen, Nikolaas van

Kapitel: 2: Hydrologie des Geissberggebietes

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-171986

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.12.2025

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

ZWEITER TEIL.

Hydrologie des Geissberggebietes.

A. Bisher erschienene hydrologische Literatur.

Literatur über regelmässige und systematische Beobachtungen von Quellen, Grundwasser und Flüssen aus dem Gebiet ist spärlich; Analysen sind gar nicht vorhanden und doch ist die geologische und tektonische Lage des Geissberggebietes so einfach und wenig gestört und wird das Gebiet so wenig beeinflusst von Nachbargebieten, dass hier systematische, hydrologische Beobachtungen Erfolg versprachen. Die in dieser Arbeit publizierten Beobachtungen und die daraus gezogenen Schlussfolgerungen sollen zeigen, wie weit es mir gelungen ist, etwas zur Frage der Bildung der Quellen im Tafeljuragebiet beizutragen. In meinem Gebiet fand ich eine Pegelvorrichtung an der Aare bei Stilli. Die Abteilung für Wasserwirtschaft des Schweizer Departements des Innern liess hier regelmässig die Wasserstände beobachten. Leider hatte man im März 1918 diese Beobachtungen eingestellt. Der Direktor dieser Abteilung war so freundlich, mir die gemachten Beobachtungen vom Januar 1917 bis März 1918 zur Verfügung zu stellen und Auskunft über die Einrichtung des genannten Pegels zu geben. Als ich im August 1918 begann, regelmässig Beobachtungen des Grundwasserspiegels der Pumpstation in Stilli (Trinkwasserversorgung) zu machen, habe ich die im März 1918 eingestellten Beobachtungen wieder aufgenommen. Für die Beurteilung, inwieweit das Wasser der Aare das Grundwasser staut und beeinflusst, sind diese Beobachtungen sehr wichtig.

Im Gemeindearchiv von Stilli war ein Gutachten vom 1. Mai 1904 des Herrn Dr. Bircher, Direktor der kantonalen Krankenanstalt Aarau, betreffend die Wasserversorgung von Stilli, zu finden. Seine Ansichten über das Vorkommen des Kropfes, sowie die Abhängigkeit der kretinischen Degeneration vom Wasser aus bestimmten geologischen Bodenformationen mögen als bekannt angenommen werden. Sie werden

für die heutigen Geologen wohl nicht mehr massgebend sein.[1] Nur die Schlussfolgerung: «So muss ich auf das bestimmteste davon abraten, Quellenwasser vom Brugger Berg aus der Gegend von Rain her zu beziehen. Es bleibt somit nur die alte bisherige Bezugsquelle, der Alluvialboden der Aare. Das Geschiebe desselben bildet einen vorzüglichen Filter, es enthält jedenfalls ordentliche Quantitäten von Wasser, welches aus den kropffreien Gegenden von Bözberg und Möntal herstammt. Ich beantrage deshalb, diese Schichten an richtiger Stelle am Abhang gegen die Aare anzubohren, da, wo ausströmende Quellen oder üppiges Wachstum das Vorhandsein von Wasser verraten. Dieses Wasser muss dann einer Analyse unterzogen werden usw.»; könnte auch jetzt noch von jedem Geologen, wenigstens was das Grundwasser anbetrifft, unterzeichnet werden.

Nun, da das Wasser wirklich einer Analyse unterzogen ist, kann behauptet werden, dass Stilli zu einer guten und nicht teuren Wasserversorgung gelangt ist. Aus den Gemeindearchiven von Villigen, Stilli und Remigen konnten mir schliesslich noch die Projekte der Wasserversorgung der Gemeinden Remigen und Stilli (Ingenieurbureau Bosshard, Thalwil) zur Verfügung gestellt werden. Weiter benutzte ich eingehend den Bericht über die Herstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau von Dr. F. Mühlberg und seine gedruckte Muster-Quellenkarte von Brugg. Höchst interessant ist dieser Bericht über die Herstellung der Quellenkarten aus dem im folgenden einige Punkte hervorgehoben werden mögen.

Nachdem der Autor in einer Einleitung darauf hingewiesen hat, wie man den Wert des reinen Wassers bei seinen mannigfaltigen Verwendungen als Brauch- und Trinkwasser, zur Kraft-, Licht- und Wärmeerzeugung schätzen gelernt hat und mehr und mehr einsieht, dass besonders die Beschaffung reinen Trink-, Wasch- und Badewassers eine der allerwichtigsten Vorkehren ist und infolge des steigenden Bedarfes in immer weiterem Umkreise Quellen in Anspruch genommen werden müssen, lenkt er die Aufmerksamkeit auf die Tatsache, wie gering die Kentnisse der Leute in betreff der Quellen sind, was er besonders bei Gelegenheit von Expertisen, die sich auf Quellverhältnisse bezogen, erfahren konnte. Bei wirklicher Kenntnis der Herkunft und der Eigenschaften, auch des normalen Ergusses der Quellen und der möglichen

[1] Hartmann, Kropfwasser, usw. Lit. Liste Nr. 18.

Schwankungen könnte mancher Verdruss und Schaden vermieden werden. Auch weist der Autor darauf hin, wieviel Unklarheit noch besteht über die Ergiebigkeit der Einzugsgebiete, über den Einfluss des Gesteins, der Bedeckung mit Wald oder Wiesen auf den Erguss der Quellen, über die Zeit, nach welcher sich Witterungseinflüsse bei Quellen verschiedener Herkunft geltend machen, wie lange das Wasser nach erfolgtem Niederschlag im Boden verbleibt usw.; und dass nur durch die dauernde Untersuchung möglichst vieler unter möglichst verschiedenen Umständen auftretender Quellen diese Unklarheit beseitigt werden kann. Weiter weist er darauf hin, wie aus der Vergleichung der Lage der Quellorte mit einer genauen geologischen Karte sich die nahen Beziehungen zwischen dem Auftreten der Quellen und der geologischen Struktur des Bodens nachweisen lässt.

Der Plan, die Wasserverhältnisse des Aargaus systematisch zu erforschen und eine Quellenkarte herzustellen, schien anfänglich viel leichter als sich nachträglich herausstellte. Dass die Arbeit nicht von einem allein geleistet werden könne, war sofort klar und Mühlberg sagt: «Im Augenblicke, da der Bericht abgefasst wurde, hatten 171 Mitarbeiter die Karten und Hefte abgeliefert; und als man die Mitarbeiter zu diesen Aufnahmen einlud und als die Behörde den bezüglichen ersten Kredit gewährte, hatte man noch keine richtige Vorstellung von der Grösse der Arbeit. Ich (Mühlberg, pag. 40) erkläre rund heraus, dass ich niemals die Anregung zur Erstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau gemacht und noch weniger die Organisation der Arbeit übernommen haben würde, wenn ich schon vorher Zeit gehabt hätte, an der Aufnahme einer Quellenkarte der Gemeinde Aarau zu erproben, wieviel Zeit hiezu und gar zur Leitung des Unternehmens erforderlich ist.»

Weiter erzählt der Autor, dass er die Einladung zur Beteiligung an der Herstellung einer Quellenkarte des Aargaus schon als Korrekturbogen an Herrn Prof. Dr. A. Heim in Zürich sandte, mit dem Ersuchen, allfällige Vorschläge zu Abänderungen oder Ergänzungen vorzuschlagen. Er (Heim) schrieb auf dem gleichen Bogen zurück: «Der Quellenkartengedanke ist vortrefflich. Zu fragen wäre zwar noch vieles über Sammelgebiete und ihre Beschaffenheit, Härte des Wassers etc.; allein wer da zuviel frägt, erhält keine Antwort. Ich halte das so für gut und habe nichts Wesentliches zuzusetzen.»

Die durch Mühlberg publizierte Quellenkarte Brugg ist eine vorzügliche Arbeit und muss in jeder Hinsicht als ein grosser Schritt vorwärts betrachtet werden. Vergleicht man diese Arbeit mit Publikationen von J. Engeli: Quellenkarte des Kantons Thurgau (Literaturliste Nr. 19), dann muss konstatiert werden, dass man die Arbeit von Engeli als eine blosse Quellwasserstatistik auffassen muss, während man mit der Quellenkarte Mühlbergs und einer geologischen Karte genau finden kann, aus welchen Gesteinen die Quellen heraustreten. Die Karte von Mühlberg in vier Farben, weiss, grün, dunkelgrün und grün-gestichelt gibt uns ein anschauliches Bild über die mehr oder weniger grosse Durchlässigkeit der Schichten. Mit weiss sind angegeben Wechsellagerung durchlässiger und undurchlässiger oder ganz undurchlässiger Gesteine. Mit grün die vorwiegend durchlässigen Gesteine. Hier wäre es vielleicht auch wichtig, auf die hydrographische Durchlässigkeitskarte von Regelmann hinzuweisen (Literaturliste Nr. 20).

Da die Möglichkeit nicht ausgeschlossen war, dass die durch die Mitarbeiter Mühlbergs geführten Quellenhefte meines Gebietes wertvolle Notizen enthalten könnten über Temperaturen und Erträge der Quellen, Sode, Flüsse usw., gab ich mir Mühe, die im Archiv zu Aarau als Manuskript aufbewahrten Hefte zu bekommen. Durch die freundliche Vermittlung Herrn Prof. Dr. Hartmanns wurden mir die von Villigen, Remigen und Stilli zur Verfügung gestellt. Leider enthielten sie aber keine für meine Arbeit verwendbare Zahlen. Notizen wie: nicht gefasste Quelle Neunbrunnen, Minimalertrag zwölf Liter, Temperatur 11° C; Sode Hasel 20 m tief, versiegt bei Tröckne; Krebsbach Minimum 20 Liter, ohne Datum und Jahr sind wissenschaftlich nicht verwendbar.

B. Wasserentnahme, Temperaturbestimmungen und Bearbeitung der Wasserproben im Laboratorium.

Ein Jahr lang (August 1918 bis August 1919) habe ich jede Woche, immer am gleichen Tag, eine Exkursion in das Geissberggebiet gemacht. Nur einmal, am 10. Oktober 1918, musste die Exkursion, krankheitshalber, ausfallen. Leider reichte die Zeit nicht aus, auf jeder Exkursion alle Quellen (resp. Sode, Flüsse, Grundwasser) auf Temperatur

und Menge (resp. Grundwasserspiegelhöhe) zu untersuchen. Auch war es nicht möglich, jedesmal von jeder Quelle (resp. Fluss, Grundwasser, Sode) das Wasser zur chemischen Untersuchung mitzunehmen. Erstens war das Gewicht von mehr als acht gefüllten Probeflaschen im Rucksack zu gross. Ausserdem war es unmöglich während einer Woche mehr als acht Wasserproben vollständig zu untersuchen.

Die Arbeit wurde schliesslich auf folgende Weise ausgeführt: Von folgenden vier Haupttypen wurde das Wasser jede Woche mitgenommen und untersucht:

1. Von der Stampfelbachquelle, einer Quelle aus einer Spalte in den Geissbergkalken zutage tretend;
2. Von der Lochgrabenquelle, sekundär aus Schutt hervortretend;
3. Von der Trinkwasserversorgung in Stilli (Grundwasser);
4. das Aarewasser.

Von den andern Quellen (resp. Grundwasser, Sode, Flüsse) wurden, der Reihe nach, jedesmal vier Proben zur Untersuchung mitgenommen. Die Wasserentnahme zur physikalischen und chemischen Untersuchung fand immer statt nach den Vorschriften betreffend Probeentnahme, Kapitel Trinkwasser, Seite 34 des Schweizerischen Lebensmittelbuches (1908).

Die bakteriologische Untersuchung beschränkte sich auf:

1. quantitative Bestimmung der entwicklungsfähigen Bakterien (Keimzählung);
2. qualitativer Nachweis von Bacterium coli commune.

Die Probefläschchen (Seite 35 schweiz. Lebensmittelbuch) wurden mir mitgegeben vom hygienischen Institut der Universität in Zürich. Die Probeentnahme geschah durch mich, die Aussaat usw. im hygienischen Institut. Ich möchte gern hier Herrn Prof. Dr. Silberschmidt herzlich danken für seine freundliche Hilfe.

Die chemischen Untersuchungen auf:

1. Trockenrückstand (Summe der festen Bestandteile);
2. Glührückstand (Summe der unverbrennlichen mineralischen Bestandteile);
3. Alkalinität (Kohlensäure und Karbonate);
4. Oxydierbarkeit (organische Stoffe);
5. freies Ammoniak (durch Destillation);
6. albuminoides Ammoniak;

fanden statt nach den Methoden schweiz. Lebensmittelbuch, Seite 36—41.

Bestimmt wurden ferner jedesmal mittelst Seifenlösung nach der Methode Boutron et Boudet die Härtegrade (Totalhärte und Permanenthärte), mit Ammoniumoxalat der Magnesium- und Kohlensäuregehalt. Mit $AgNo_3$ wurden weiter bestimmt die Chloride und mit $BaCl_2$ die anwesenden Sulfate.

Die gefundenen Zahlen sind alle ausgedrückt in französischen Härtegraden. Die Beziehungen des französischen Härtegrades (Hf) zum deutschen (Hd) und englischen (He) sind bekanntlich folgende:

$$Hf = 0{,}56\ Hd = 0{,}70\ He.$$

Was schliesslich die Pegelbeobachtungen betrifft, muss hervorgehoben werden, dass sie an der Aare bestimmt wurden mit der Pegelvorrichtung, die die Abteilung für Wasserwirtschaft des schweizerischen Departements des Innern bei der Brücke von Stilli hat aufstellen lassen. Die Schwankungen des Grundwasserspiegels bei der Pumpstation in Stilli und Siggenthal konnten festgestellt werden dank der freundlichen Hilfe von Herrn F. Lehner, Mechaniker in Stilli, und seines Bruders in Siggenthal, die sofort bereit waren, eine Vorrichtung zu konstruieren, womit sehr genau die Ablesungen möglich waren. Im Hasel und in Rüfenach habe ich immer mit einem Messband die Tiefe des Grundwasserspiegels bestimmen müssen. Die Lufttemperaturen und Niederschlagsmengen verdanke ich dem meteorologischen Institut in Zürich. Herr Direktor Dr. Maurer war so freundlich, mir zu gestatten, mehrere Tage im Institut zu arbeiten und die dort vorhandenen Tabellen auf Wochenmittel umzurechnen. Für die Temperaturen wurden die Station Böttstein und für die Niederschlagsmengen die Station Bözberg als die am nächsten beim Geissberg liegenden gewählt.

C. Einrichtung der Tabellen.[1]

Aus den dieser Arbeit beiliegenden Tabellen geht hervor, dass während eines Jahres jede Woche von zwei Quellen, einem Fluss und vom Grundwasser der Pumpstation Stilli, Temperatur und Menge in Minutenliter bestimmt wurden. Weiter wurde jede Woche bestimmt: Total- und Permanent-

[1] Die 25 Originaltabellen und Skizzen sind im Geol. Inst. der Eidg. Techn. Hochschule und im Archiv des Versicherungsamtes in Aarau deponiert. Siehe weiter S. 21 und 28.

härte, Magnesium- und CO_2-Gehalt, Chloride und Sulfide, Trocken-Rückstand, Glühverlust, Alkalinität und organische Substanz. Ein paarmal folgte eine Bestimmung des freien und gebundenen Ammoniaks und fand eine bakteriologische Untersuchung statt. Wie schon früher hervorgehoben, war das nicht jedesmal für alle Quellen des Gebietes möglich. Ausserhalb der vier vorhin genannten konnten nur von vier weiteren Quellen das Wasser mitgenommen und im Laboratorium vollständig untersucht worden; da ausser den vier schon genannten noch 27 Quellen, vier Grundwasservorkommnisse und 7 Bäche im Gebiet der Beobachtung unterzogen wurden, habe ich der Reihe nach das Wasser mitgenommen. Die wichtigsten Quellen (resp. Grundwasser) sind fast jede Woche auf Temperatur und Menge in Min.-Lit. untersucht worden. Auch fand die vollständige Untersuchung des Wassers von den wichtigsten Quellen (resp. Grundwasser) ein paarmal mehr statt als von den weniger wichtigen. Dieselbe Quelle wurde 19mal (Zementfabrik Siggental) bis nur dreimal der chemischen Analyse unterzogen. (Theoretisch, wenn jede Quelle ganz genau der Reihe nach untersucht worden wäre, hätte die Untersuchung im Mittel $\frac{27+4+7}{4} = 9{,}5$, jede zehnte Woche also einmal, total fünfmal während des Jahres stattfinden sollen.) Ein- resp. zweimal wurde die vollständige Untersuchung der neun Quellen, die bei Remigen vom Bötzberg herkommen, durchgeführt. Wie schon erwähnt, sind Totalhärte, Permanenthärte, Magnesium- und CO_2-Gehalt, Chloride und Sulfate in französischen Graden in den Tabellen eingetragen. An einem Beispiel werde ich zeigen, wie ich die Zahlen in den Tabellen gefunden habe und wie man umgekehrt aus den Graden das Gewicht der betreffenden Verbindungen berechnen kann.

In der Tabelle Quelle Nr. 1 (Jakobsbrunnen) finden wir am 16. Juli 1919 eingetragen:

Totalhärte	25,5° (I)
Permanenthärte	8,5° (III)
Ungekochtes Wasser mit Amm.-Oxalat	5° (II)
Gekochtes Wasser mit Amm.-Oxalat	4,5° (IV)
Chloride	1,5° (a)
Sulfate	1,5° (b)

Nach der Methode Boutron et Boudet (Literaturliste Nr. 24) wurden diese Zahlen auf folgende Weise mittelst einer Seifenlösung bestimmt. Das ungekochte Wasser gab, behan-

delt mit der Seifenlösung 25,5° Totalhärte (I). Gekocht hat das Wasser noch eine Härte von 8,5° (Permanenthärte) (III). Nach der Behandlung mit Ammoniumoyalat gab das ungekochte Wasser 5° Härte (II), das gekochte Wasser 4,5° Härte (IV). Dem gekochten Wasser wurde 0,85 cm^3 $AgNO_3$ zugefügt. 0,85 cm^3 $AgNO_3$ entsprechen 8,5° Härte. Die Härte dieses Wassers mit Seifenlösung bestimmt, erwies sich als 15,5°. Die Chloride sind also (8,5° + 8,5°) — 15,5° = 1,5° (a).

Mit 0,85 cm^3 $BaCl_2$ wurden bestimmt die Sulfate. Das Endergebnis war (8,5° + 8,5°) — 15,5° = 1,5° (b).

Die Lösungen von $AgNO_3$ und $BaCl_2$ bestehen aus:

1. Titrierter Lösung für die Chloride:
   2,78 gr $AgNO_3$ mit 100 cm^3 destilliertem Wasser.
   1,5 cm^3 dieser Lösung in 40 cm^3 destilliertem Wasser geben 15° Härte.
2. Titrierter Lösung für die Sulfate:
   1 gr ($BaCl_2 + 2\ H_2O$) mit 100 cm^3 destilliertem Wasser.
   1 cm^3 dieser Lösung in 40 cm^3 destilliertem Wasser entspricht 10° Härte.

Vorausgesetzt, dass das Wasser keine merklichen Mengen anderer Erdsalze enthält, können wir jetzt annehmen als:

(I) Totalhärte = $CaCO_3 + MgCO_3 + CaSO_4 + CO_2$.

(II) Härte des ungekochten Wassers nach Behandlung mit Ammon.-Oxalat = $MgCO_3$ + freies CO_2.

(III) Permanenthärte = $MgCO_3 + CaSO_4 + 3°\ CaCO_3$.

(IV) Härte des gekochten Wassers mit Ammonium-Oxalat = $MgCO_3$.

II—IV = freies CO_2, hier also 5° — 4,5° = 0,5°.

I—III = $CaCO_3 + CO_2$ — 3°, oder 25,5° — 8,5° = $CaCO_3$ + 0,5° — 3°, oder $CaCO_3$ = 19,5°.

III—IV = $CaSO_4$ + 3°, oder 8,5° — 4.5° = $CaSO_4$ + 3, oder $CaSO_4$ = 1°.

IV = $MgCO_3$ = 4,5°.

Jeder Härtegrad als Totalhärte ist ein Komplex entsprechend pro Liter

$CaCO_3$ = 0,01 gr
CaO = 0,0057 gr
$CaCl_2$ = 0,0114 gr
$CaSO_4$ = 0,0140 gr
$CaSO_4 + 2\ H_2O$ = 0,0177 gr
$MgCO_3$ = 0,0088 gr

$MgSO_4$ = 0,0125 gr
$NaCl_2$ = 0,0120 gr
Na_2SO_4 = 0,0146 gr
H_2SO_4 = 0,0082 gr
Cl = 0,0075 gr
CO_2 = 0,0067 gr = 5 cm^3 (760 mm Druck).

Die gefundenen Zahlen umgerechnet in Gramm geben also freies CO_2 = 0,5 × 0,0067 = 0,00335 gr oder 2,5 cm^3
$CaCO_3$ = 19,5 × 0,01 = 0,195 gr
$CaSO_4$ = 1 × 0,014 = 0,014 gr
$MgCO_3$ = 4,5 × 0,0088 = 0,0396 gr

Die Chloride (meistens keine Erdchloride, sondern NaCl oder vielleicht $MgCl_2$) entsprechen 1,5°. Als NaCl also 1,5 × 0,012 = 0,018 gr.

Die Sulfate werden hier auf 1,5° bestimmt. 1° Gips ($CaSO_4$) wurde schon bestimmt. Der restierende 0,5° Härte entspricht $MgSO_4$ usw. oder 0,5 × 0,0125 = 0,00625 gr.

Weiter sind Trockenrückstand und Glührückstand in Milligramm pro Liter angegeben. Das Resultat der Bestimmung der organischen Substanz ist angegeben als Oxydierbarkeit, worunter man die Anzahl Milligramm Permanganat versteht, die zur Oxydation der organischen Stoffe im Liter Wasser erforderlich sind. Der Betrag des Glühverlustes stimmt daher fast niemals mit der Menge des direkt ermittelten organischen Stoffes überein, da beim Glühen zugleich auch chemisch gebundenes Wasser, Zersetzungsprodukte etwa vorhandener Salze der Salpetersäure, salpetrige Säure und andere Körper entweichen.

Für die Alkalinität sei darauf hingewiesen, dass die Zahlen die Totalhärte in französischen Graden angeben. (Die Anzahl der für 100 m^3 Wasser verbrauchten cm^3 $^1/_{10}$ normaler Salzsäure × 5 oder × 50 die Anzahl Milligramm Carbonate im Liter als kohlensaurer Kalk berechnet).

Die Bestimung des freien Ammoniaks geschah durch die Destillationsmethode. Die Zahlen geben die gefundenen Milligramm NH_3 im Liter Wasser.

Auf Seite 48 des Schweizerischen Lebensmittelbuches, Abschnitt III, «Normen für die Beurteilung», werden die folgenden zulässigen Grenzwerte angegeben. Obgleich diese Zahlen nicht absolut sind und etwas willkürliches an sich haben, ist es möglich, damit die Werte der in den Tabelen vorkommenden Zahlen zu beurteilen.

Trockenrückstand	500	mgr im Liter
Glührückstand	450	„ „ „
Oxydierbarkeit als $KMNO_4$	6	„ „ „
freies Ammoniak durch Destillation bestimmt	0,02	„ „ „
albuminuides Ammoniak durch Destillation bestimmt	0,05	„ „ „

Eine Ueberschreitung der Grenzzahl 6 der Oxydierbarkeit berechtigt für sich allein nicht dazu, die Qualität des Wassers zu beanstanden (Lebensmittelbuch l. c.).

Für die Beurteilung des Härtegrades sei darauf hingewiesen, dass man weiches und hartes Wasser unterscheidet, ohne hierführ eine scharfe Grenze festzusetzen. Meist nimmt man für ersteres 25 französische Grade als obere Grenze an. Hartes Wasser hat 30—45°, sehr hartes über 45° Härte.

Um die Tabellen mit den Temperaturen und Mengen der verschiedenen im Gebiet fliessenden Bäche zu verstehen, wird hingewiesen auf die betreffenden kleinen Skizzen. A, B, F, usw.[1] darauf sind die Punkte, wo die Beobachtungen stattfanden. Zwischen zwei Beobachtungspunkten ist auf der Tabelle immer eine Kolonne freigelassen. Fand z. B. zwischen A und B ein Verschwinden des Wassers statt, dann ist darin angegeben, nach wie vielen Schritten das Versiegen geschah. Nachher, bei der Diskussion der gefundenen Zahlen, möchte ich an der Hand dieser Tabellen versuchen, zu beweisen, dass man diese Bäche niemals verwenden kann, um die Mengen oberflächlich abfliessenden Wassers zu bestimmen; oder festzustellen, wie viel Wasser im Mittel im Boden verschwindet.

Schliesslich bleibt übrig zu erwähnen die Tabelle der Lufttemperaturen, Niederschlagsmengen und relativen Feuchtigkeit. In der Nähe des Geissberges befinden sich zwei Stationen der meteorologischen Landesanstalt, wo regelmässig Beobachtungen vorgenommen werden. Am Bözberg (Egenwil) werden nur die Niederschlagsmengen bestimmt, in Böttstein Lufttemperaturen und Niederschlagsmengen. Da «Bözberg» weniger weit entfernt ist vom Geissberg als Böttstein, sind die Niederschlagsmengen vom Bözberg in den graphischen Darstellungen verarbeitet. Obwohl Bözberg und Böttstein nur wenige Kilometer von einander entfernt sind, habe ich, weil infolge der topographisch stark verschiedenen Lage der beiden Stationen ziemlich grosse Differenzen in den Niederschlagsmengen vorkommen, beide Zahlen, in Millimeter angegeben, in der Tabelle angeführt. Die Zahlen entsprechen der Nieder-

[1] Diese Skizzen sind deponiert siehe Fussnote S. 22.

schlagsmenge während einer ganzen Woche. Für die Lufttemperaturen dagegen standen hier nur die von Böttstein zur Verfügung. Die Temperatur der Quellen wurde immer bestimmt einige Stunden vor oder nach 12 Uhr. Darum sind anfänglich die 12½ Uhr-Beobachtungen der Lufttemperatur zum Vergleich auf Wochenmittel umgerechnet worden. Später zeigte es sich aber, dass es besser sei, die Tagesmittel auf das Wochenmittel umzurechnen. In den graphischen Darstellungen ist daher das wöchentliche Tagesmittel verwendet. Für die relative Feuchtigkeit wurde anfänglich die 7½ Uhr-Beobachtungen (auf Wochenmittel umgerechnet) genommen, nachher aber ebenfalls die Tagesmittel auf Wochenmittel umgerechnet genommen. Die Mittel der Ergiebigkeit und Temperatur der Quellen wurden berechnet als arithmetisches Mittel aus sämtlichen Beobachtungen.

D. Beschreibung der Quellen, Flüsse, usw.[1]

Die Bewohner haben den meisten Quellen einen Namen gegeben. Da dieser Name in der Regel auf der Karte nicht zu finden ist, habe ich auf der geologischen Karte alle Quellen, Sode oder Grundwasserlokalitäten eingetragen und mit einer Ziffer bezeichnet. Die gleiche Zahl findet man auf der betreffenden Tabelle. Dadurch ist eine rasche Orientierung möglich.

Nr. 1, der sog. Jakobsbrunnnen. Höhe 498 m. Die Quelle ist gefasst. Sie tritt aus am Fusse eines Bergrutsches, ist also eine Schuttquelle. (SW von «In der Kolleren»). Am S-Abhang des W-Endes des Geissberges sind die Kalkschichten des Malms über Effingerschichten abgerutscht. Die Malmkalke sind in kleinere und grössere Blöcke aufgelöst. Der jetzt ganz bewaldete Bergrutsch liegt auf Effingerschichten.

Die verhältnismässig grossen Temperaturschwankungen von 11° C bis 7,5° C (Quelle Nr. 2 9° C bis 7,2° C) lassen sich daraus erklären, dass die Quelle aus dem Teil des Bergrutsches hervortritt, wo er am wenigsten mächtig und am meisten der Insolation unterworfen ist. Das Wasser der Quelle fliesst ziemlich oberflächlich ab. Der Magnesiumgehalt ist grösser als der der Stampfelbachquelle Nr. 21, die aus einer Spalte der Geissfergschichten hervortritt. Die Oberfläche, welche mit dem Wasser in Berührung steht, nist viel grösser als bei einer Spaltenquelle. Der Magnesium-

[1] Die wichtigsten Daten von denjenigen Quellen, Soden und Grundwasser (von denen genügsame Beobachtungen vorliegen), wurden in einer Uebersichtstabelle auf S. 28 zusammengefasst.

Nummern der Quellen usw.	Max. Ertrag	Min. Ertrag	Mittl. Ertrag	Höchst. Temp.	Niedr. Temp.	Mittl. Temp.	Alkalinität	Trock.-Rückstand	Chloride	Sulfate
	Minuten-Liter			C	C	C	mittlerer Ertrag			
1. Sq.	20	0	6,8	11	7,5	9,3	25,5	309	1	1
2. „	750	36	236	9	7,2	8,2	21	279	1	0,5
3. Gq.	180	0,5	32	14,2	8	9,5	26,5	397	1	1,5
4. S. Schq.	120	0,75	20,5	13,6	8,9	10,1	29	348	1,5	1
5. Schq.	150	2	45,4	13,2	7,4	9,6	27,5	322	0,5	0,75
6. Sq.	8	0,25	3,7	14	6,2	9,8	23	256	1	0,5
7. Sod.	370,68	365,30	367,22	10,8	9,2	10,1	26	350	1,5	0,75
8. „	380,58	380,26	380,41	13,2	6	9,2	30,5	420	1	1
9. S.Schq.	200	12	104	10,6	8,8	9,4	29	357	0,75	0 75
12. Sq.	120	0,25	37,5	14,4	7,5	9,8	26,5	362	1	0,75
14. Pst.	329,5	327,75	328,43	10,8	9,7	10,1	28	343	1	1
15. „	327,76	326,59	327,34	12,2	10,2	11,2	30	396	1,75	0,75
17. S.Schq.	150	7,5	49,4	10,4	8,4	9,2	27,5	332	0,5	1
18. „	100	1	51,7	10	8,4	9,2	27	312	1,5	1
19. „	100	1	54,6	9,8	8,4	8,6	24	284	0,75	1
20. „	15	0,5	6,3	9,8	8,4	8,8	22	274	1	0,5
21. Spq.	1800	30	444	9,8	8,4	9,3	29,5	357	0,5	1
22. Sq.	60	0	26	9	7	8	24,5	286	1,5	1,5
25. „	25	0	10	11,5	5	8,1	32	415	1	0,5
26. „	250	0	90	10,4	8,9	9,7	27,5	351	1,5	0,75
27. S. Gq.	120	0	38	10,8	8,8	10,2	27	391	1	0,75
28. „	350	0	61	11	9	9,9	29	387	2	0,75
29. Sq.	6	0	2,7	17,2	6	9,9	32,5	454	1,5	0,75
30. „	25	0	8,2	14	6,6	10,8	32	411	1	0,5
32. „	80	0,5	21,8	11,2	8	9,1	23,5	363	1,5	0,5
34. „	120	1,5	35,5	12,2	9,2	10,2	29	344	1	1
36. „	150	1	30	11	7	8,2	29	388	0,5	1

Trockenrückstand in Milligrammen pro Liter.
Alkalinität, Chloride und Sulfate in französischen Graden.
Nr. 2, 14 und 21 Trinkwasserversorgung Remigen, Stilli und Villigen.

Sq. = Schuttquelle. Gq. = Grundwasserquelle.
Schq. = Schichtquelle. Pst. = Pumpstation.
Spq. = Spaltquelle. S. = Sod.

Die Zahlen in der 1.—3. Kolonne bei 7, 8, 14 und 15 entsprechen der Höhe des Grundwasserspiegels.

gehalt der Effingerschichten ist kleiner als der der Geissbergschichten. Die Totalhärte ist geringer als die der Stampfelbachquelle Nr. 21. Das Wasser mischt sich mit dem auf die Oberfläche des Bergrutsches fallenden Regenwasser. Am deutlichsten tritt das hervor bei Regenwetter. Die Zahlen für organische Substanz sind etwas höher als erlaubt, wohl deshalb weil W der Quelle die Effingerschichten mit Viehweiden bedeckt sind.

Nr. 2. Quelle benützt für die Trinkwasserversorgung von Remigen. Tritt am Fusse des gleichen Bergrutsches aus wie Quelle Nr. 1, nur an der E, am tiefsten liegenden Seite. Sie ist also ebenfalls eine Schuttquelle. Die Quelle ist gefasst. Höhe 462 m.

Der Magnesiumgehalt ist etwas grösser wie bei Nr. 1. Das Wasser hat aber auch einen grössern Weg durch den Bergrutsch zurückzulegen. Die Totalhärte ist kleiner als bei Nr. 1. Auch das ist selbstverständlich. Alles auf die Oberfläche des Bergrutsches fallende Regenwasser hat Gelegenheit sich mit dem vom Geissberg her kommenden Wasser zu mischen, bevor die Quelle zutage tritt. Auch die Menge der organischen Stoffe ist geringer als bei Nr. 1. Nach E ist der Bergrutsch bewaldet. Wiesen gibt es dort nicht wie bei Nr. 1.

Die gefundenen, auf der Tabelle Nr. 2 eingetragenen Zahlen sind weiter verarbeitet in dem Abschnitt «Diskussion der Resultate» nach Wochenmitteln. Dass die Quelle einem viel tiefern Horizont entspringt und dieser Teil des Bergrutsches viel weniger der Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist als Quelle Nr. 1 geht hervor, 1. aus der niedrigen Temperatur und 2. aus den viel kleineren Temperaturschwankungen. Aus der bakteriologischen Untersuchung und der Ammoniakbestimmung geht hervor, dass das Wasser als Trinkwasser völlig einwandfrei ist. Der Magnesiumgehalt mag etwas grösser sein als der der Trinkwasserversorgung in Stilli, immerhin überschreitet er niemals die Zahl von 10°, die gewöhnlich angenommen wird als Maximum für ein gutes Trinkwasser.

Herr Vogt, Friedensrichter in Remigen, war so freundlich, mir mitzuteilen, wie man dazu gekommen war, diese Quelle für die Trinkwasserversorgung auszuwählen. Als alle andern Quellen versiegt waren, floss diese Quelle immer noch und die Bewohner holten von dort das Wasser. Die Quelle ist gefasst am Boden eines 5 m tiefen Einsteigschachtes. Von dort führt eine Röhrenleitung das Wasser quer über das Tälchen des Krebsbaches nach einem 200 m^3 grossen Reservoir, am

Fusse der Winterhalde. Vom Reservoir aus (auf 456,50 m Höhe) wird Remigen (im Mittel 400 m hoch) mit Trinkwasser versorgt. Das Wasser mag als *Trinkwasser,* wie die Beobachtungen beweisen, einwandfrei sein, dagegen macht es die am 16. September 1919 beobachtete Zahl eines Ertrages von 36 Minutenlitern fraglich, ob ein Geologe, von dem man ein Gutachten verlangte über die Tauglichkeit dieser Quelle für die Trinkwasserversorgung von Remigen, nicht ausdrücklich auf den ungenügenden Minimalbetrag von 36 Minutenlitern hätte hinweisen sollen. Die Oberfläche des Bergrutsches macht es verständlich, dass nach einer längeren Trockenperiode die Quelle versiegen muss. Nur die Möglichkeit, dass nicht allein das auf die Oberfläche des Bergrutsches fallende Regenwasser die Quelle speist, sondern auch Wasser vom Geissberg her, könnte hier diese Frage beeinflussen. Das bis jetzt beobachtete Minimum von 36 Minutenlitern zeigt aber, dass die bei einer Trockenperiode vom Geissberg kommende Wassermenge nicht sehr gross sein kann.

Die Beobachtungen des Grundwassers der Pumpstation Stilli Nr. 14, welches der Niederterrasse entnommen wird für die Trinkwasserversorgung von Stilli, weisen darauf hin, welche Fülle von gutem Trinkwasser diese Niederterrasse, die von Stilli bis über Remigen hinaufgeht, enthält.

Genaue, vorherige, geologische und chemische Untersuchungen sind unbedingt notwendig, wenn man sich dazu entschliesst, eine gute, gesicherte Trinkwasserversorgung ins Leben zu rufen. Schon F. Mühlberg hat mehrere Male darauf hingewiesen, so in seinem Bericht über die Herstellung der Quellenkarte (Nr. 10 der Literaturliste pag. 6—14). Doch gibt es selbst noch grössere Gemeinden, die ohne genaue vorherige Untersuchungen zu diesem Zweck einfach beliebige Quellen ankaufen.

Nr. 3. Quelle S der Strasse Remigen-Büren. Höhe 433 m. Die Quelle ist nicht gefasst. Sie tritt aus in der Talsohle des Krebsbaches, ungefähr 15 m N desselben. Die Quelle wird hauptsächlich gespiesen durch das Grundwasser, das im Krebsbachtälchen im Boden talabwärts fliesst, bei ergiebigen Regengüssen aber auch durch Wasser aus dem Tälchen S «Im Sack», aus Gehängeschutt. Die Quelle ist also eine Kombination einer Grundwasser- und einer Schuttquelle. An mehreren Stellen in der Umgebung derselben (an beiden Seiten des Baches) quillt bei stärkeren Regengüssen das Wasser aus dem Boden hervor. Hört der Regen auf, dann verschwindet es an diesen Stellen, nur die Hauptquelle bleibt.

Nr. 4. Quelle N der Strasse Remigen-Büren, SE von «Rüti». Diese ungefasste Quelle tritt da zutage, wo die Hochterrassenschotter an die Effingerschichten anstossen. Der ganze Rütikomplex ist bedeckt mit einer Schicht von verwitterten Effingermergeln. Die Mächtigkeit war nicht zu bestimmen, aber sie muss ziemlich gross sein, da die Quelle, die ihr Wasser von hier bekommt, nicht versiegt, selbst wenn viele andere Quellen in der Umgebung des Geissberges schon verschwunden sind. Die grosse Uebereinstimmung im Verhalten (siehe Tabellen) dieser Quelle mit der Meiershof- und der Halseisenquelle machen es wahrscheinlich, dass sie ihr Wasser teilweise auch vom Geissbergplateau bekommt.

Nur der Magnesiumgehalt ist grösser, aus dem gleichen Grund wie bei Nr. 1. Der N-Teil der Rüti ist bedeckt mit grösseren und kleineren Bergsturzblöcken von Malmkalk. Die Temperaturen sind das ganze Jahr hindurch höher, im Sommer um mehr als 1° C. Die Rüti liegt im S des Geissberges, ist dadurch geschützt gegen N und NE-Winde. Sie ist mit Reben bebaut und fast den ganzen Tag der Sonnenbestrahlung ausgesetzt. Es handelt sich hier um eine zuletzt durch Schutt fliessende Schichtquelle. (Siehe S. 38.)

Nr. 5. Lochgrabenquelle. Wie aus der Tabelle (Tafel III) hervorgeht, wurde diese Quelle während eines Jahres jede Woche sehr eingehend untersucht, nicht allein auf Temperatur und Menge, sondern auch chemisch. Die graphische Darstellung gibt uns in Kurven ein Bild von den jahreszeitlichen Schwankungen, der Härte der organischen Substanz, Trockenrückstand, Temperatur usw. Im Abschnitt: «Diskussion der Wochentabellen» werden diese Zahlen eingehender besprochen. Die Quelle, am Fusse der Geissbergschichten (563 m) entspringend, fliesst durch eine Schuttanhäufung und tritt erst 40 m tiefer bei 523 m zutage. Es handelt sich also um eine zuletzt durch Schutt fliessende Schichtquelle. Da die Quelle ungefasst ist, fliesst das Wasser als Bächlein oberflächlich über die Schutthalde ab, geht unter dem Weg Remigen-Büren hindurch und vereinigt sich mit dem Krebsbach. An drei Stellen findet man Tuffablagerungen. Für Art und Weise, wie das Wasser dieses Baches im Boden verschwindet usw., kann hingewiesen werden auf die Tabelle Nr. XXV. An drei Punkten, seitlich vom Bache, findet man Stellen, wo Wasser aus dem Schutt dem Bache zufliesst. Diese feuchten Stellen sind mehrere m^2 gross. Das Wasser war für eine Messung nicht zu fassen. Aus den Untersuchungen ging hervor, dass es vom

Geissberg kommt. Bei stärkerem Regen mischt es sich mit unterbrochenen Regens und bei der Schneeschmelze bildet sich hier auch eine Ueberflussquelle. Für die Lösung dieses interessanten Problems erwies sich das Beobachtungsjahr August 1918 bis August 1919 als sehr ungünstig. Nur ausnahmsweise gab es Schnee, zudem immer nur recht wenig. Zweimal war es mir möglich, die Ueberflussquelle beobachten zu können (für die Zahlen weise ich hin auf die Tabelle der Lochgrabenquelle; Tafel VII). Die Ueberflussquelle tritt 10 m oberhalb der Grenze der Geissberg- und Effingerschichten aus, aber auch an einer anderen Stelle tritt Wasser aus. Es kommt aus dem gleichen Niveau.

Die Quelle stammt, wie schon gesagt, aus den Malmkalken des Plateaus, da das Wasser aber, nachdem es an der Basis der Effinger- und Geissbergschichten herausgetreten ist, 40 m noch durch Schutt fliesst, bevor es als Quelle zutage tritt, sind die Härte-, Temperatur-, Trockenrückstand- und andere Zahlen verschieden von denen der Stampfelbachquelle Nr. 21, die gerade auf dieser Grenze gefasst ist. Im Abschnitt «Diskussion» Seite 51 wird darauf eingehender hingewiesen werden.

Nr. 6. Gefasste Quelle am «Sonnenberg». Diese Quelle tritt gleich wie Quelle Nr. 4 an der obern Grenze der Hochterrassenschotter gegen die Effingerschichten aus. Sie ist wenig ergiebig. Das Sammelgebiet der Quelle ist nicht sehr gross; ein Blick auf die Karte macht die Lage deutlich. Da die Effingerschichten mit einer wenig mächtigen Verwitterungskruste bedeckt sind, können die Niederschläge teilweise einsickern. Das meiste Regenwasser fliesst oberflächlich ab. Im Winter ist ein Blick von «Rüti» aus auf die Halde bei Sonnenberg sehr interessant. Die Halde ist steil und ganz überdeckt mit einem Netz von Abflussrinnen.

Die Schwankungen der Temperaturen sind noch grösser als bei Quelle Nr. 4. Das Wasser bewegt sich also weniger tief unter der Oberfläche. Die geringere Totalhärte und Permanenthärte, Trockenrückstand und organische Substanz des Wassers dieser Quelle im Vergleich mit denen der Quelle Nr. 4 zeigen auch hier, dass das Wasser nicht vom Geissbergplateau herstammt, sondern nur aus der Verwitterungskruste der Effingerschichten. Die Quelle ist also eine Schuttquelle.

Nr. 7. Sod «Im Hasel». Fast alle auf der Mühlbergschen Karte vorkommenden Sode sind jetzt verschwunden. Die heutigen Trinkwasserversorgungen machen es den Bewohnern möglich, das Wasser auf bequemere Weise zu bekommen

als mit Hülfe eines Sodes. Die Sode bei Rüfenach, bei der Lachbrücke, bei Stilli, bei Villigen sind meistens mit Kies und Schutt ausgefüllt. Die Möglichkeit, genauere Grundwasserbeobachtungen zu machen, wurde dadurch ausgeschlossen. Schliesslich fand ich vier Stellen, wo es möglich war, die Bewegungen des Grundwassers zu kontrollieren.

Der Sod «Im Hasel» liegt 385 m hoch (Oberkant) und ist abgetieft im Hochterrassenschotter. Im Quellenheft der Gemeinde Remigen fand ich für diesen Sod folgende Angaben: Tiefe 20 m, oben Kies, unten Schliesand; versiegt bei Tröckne. Leider erst im Februar 1919 bekam ich vom Besitzer des Sodes die Erlaubnis, jede Woche den Sod zu öffnen und erst dadurch war es mir möglich, die Temperatur im Schacht selbst zu bestimmen und die Schwankungen des Grundwasserspiegels festzustellen. Die Tiefe erwies sich als 9,7 m. Da die Wände mit Holz bekleidet sind, war es nicht möglich zu bestimmen, welche Schichten der ½ m weite Schacht durchquert.

Die Totalhärte ist im Mittel 3° niedriger als die Härte der andern durch mich beobachteten Grundwässer. Die Schwankungen der Temperaturen sind viel geringer als die des Sodes bei Rüfenach. Das Grundwasser liegt hier tiefer unter der Bodenoberfläche. Im Abschnitt «Diskussion» wird weiter auf die Schwankungen usw. hingewiesen.

Nr. 8. Sod bei Rüfenach. Der Sod bei Rüfenach liegt 381 m hoch (Oberkant). Der Schacht ist nur 1,18 m tief. Das Wasser wird nicht wie «Im Hasel» gepumpt, sondern mit einem Kübel geschöpft.

Die Schwankungen sind viel kleiner als beim Sod «Im Hasel». Ein Blick auf die Karte zeigt uns sofort, warum das Grundwasser hier nicht versiegt, wie bei Nr. 7 und warum die Schwankungen so klein sind. Die Hochterrasse ist hier sehr lehmig, deswegen dringt das Grundwaser nur wenig tief ein, daher auch die grossen Temperaturschwankungen.

In Härte, usw. stimmt das Wasser überein mit dem Grundwasser im Siggenthal, nur sind dort Permanenthärte und Magnesiumgehalt viel grösser.

Die Frage, ob hier der Lehm der Hochterrasse primär sei oder nicht, wird durch die Beobachtungen des Grundwasserspiegels gelöst. Wäre nur die Oberfläche verlehmt und beständen die untern Schichten aus Kies, dann würden die Niederschläge oberflächlich abfliessen. Dass das Grundwasser hier langsamer fällt, spricht für Wechsellagerung von Kies und lehmigen Schichten.

Siehe F. Schlussfolgerungen Punkt 12.

Nr. 9. Gefasste Quelle an der Riethalde (SW Steinen). Diese Quelle tritt zutage aus den Effingerschichten bei 408 m an der obern Grenze des Hochterrassenschotters. Der Einsteigschacht ist wie bei Quelle Nr. 2, aber nur 1 m tief. Hier sind die Effingerschichten mit einer ziemlich mächtigen Verwitterungskruste bedeckt. Die Quelle wird nicht allein gespiesen von den Niederschlägen auf diesem Teil der Effingerschichten, sondern ein Teil ihres Wassers stammt vom Geissberg her. Das Wasser, das aus den Geissbergschichten unterhalb Buck (SE-Ausläufer des Geissbergplateaus) austritt, fliesst durch die Verwitterungskruste und wird teilweise durch diese Quelle abgeführt. Ein weiterer Teil fliesst talabwärts und tritt am Fusse des Hochterrassenschotters in drei kleineren ungefassten Quellen zutage (Nr. 10, 11 und 12). Die Quelle Nr. 9 ist eine zuletzt durch Schutt abfliessende Schichtquelle und vom gleichen Typus wie die Quellen Nr. 17, 18, 19 und 20 bei Villigen. Im Abschnitt «Diskussion» wird weiter auf einen Vergleich der Quelle Nr. 9 mit diesen Quellen eingetreten werden. Für die Lagerungsverhältnisse der Schichten wird hingewiesen auf Seite 38.

Nur der Magnesiumgehalt der Quelle Nr. 9 ist etwas weniger hoch als der der Quellen 17—20. Der SE-Ausläufer des Geissberges ist weniger hoch, die Flühe sind weniger steil und deswegen liegt am Fusse nicht so viel Schutt wie bei Villigen. Die Ergiebigkeit ist etwas grösser als bei den Quellen 17—20. Die Stampfelbachquelle Nr. 21 fördert das meiste Wasser des NE-Ausläufers zutage. Im Sommer sind die Temperaturen der Quelle Nr. 9 etwas grösser, im Winter etwas niedrigerer. Die Riethalde ist der Sonnenbestrahlung und dem NE-Winde mehr ausgesetzt.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass die Quelle drei Brunnen in Villigen speist. 1. Brunnen bei der Mühle, 2. Brunnen bei der Brücke, 3. Brunnen beim Postbureau.

Quellen Nr. 10, 11 und 12. Am Fusse des Hochterrassenschotters, 45 m unterhalb der gefassten Quelle Nr. 9 (an der Riethalde), tritt an drei Stellen Wasser aus dem Boden. Nr. 10 liegt 15 m oberhalb Nr. 12; Nr. 11 15 m westwärts Nr. 12. Das Wasser von Nr. 10 und Nr. 11 verschwindet nach 5 m wiederum im Boden. Schliesslich tritt es durch Quelle Nr. 12 wieder zutage, um mit einem kleinen Quellauf über die Niederterrasse im Schmittenbach abzufliessen. In der letzten Kolonne der Tabelle von Quelle Nr. 12 sind Mengen und Temperaturen von Quelle Nr. 10 und Nr. 11 zum Vergleich eingetragen.

Die räumliche Ausdehnung des Hochterrassenschotters ist lokal nicht so gross, dass eine nie versiegende Quelle mit einer bis 120 Minutenliter steigenden Ergiebigkeit, nur aus ihr das Wasser bekommen könnte. Höchst wahrscheinlich stammt das Wasser vom Geissberg her, fliesst wie bei der gefassten Quelle Nr. 9 durch die Verwitterungskruste der Effingerschichten (siehe S. 38), um schliesslich am Fusse des Hochterrassenschotters zutage zu treten. Fast in allen Daten stimmen die Quellen Nr. 9 und Nr. 12 miteinander überein. Nur die Temperaturen der Quelle Nr. 12 sind im Winter etwas tiefer und im Sommer etwas höher. Die Temperatur ändert sich während das Wasser durch den unbewaldeten Hochterrassenschotter fliesst.

Nr. 13 Sod in Stilli. Dieser Sod ist noch nicht verschüttet. Er liegt 341 m hoch (Oberkant). Leider war es nicht möglich, hier die Schwankungen des Grundwasserspiegels der Niederterrasse zu beobachten. Schliesslich gestattete mir der Besitzer des Sodes, das Wasser zur Untersuchung mitzunehmen. Der obere Teil der Pumpe, den man schon fortgeschafft hatte, wurde zweimal zu diesem Zwecke wieder hineingestellt. Das Wasser stimmt mit dem Wasser der Pumpstation Stilli völlig überein.

Nr. 14. Pumpstation in Stilli (Trinkwasserversorgung). Die Pumpstation der Trinkwasserversorgung von Stilli liegt 450 m N der Aarebrücke, 165 m W vom linken Aareufer entfernt. In der Niederterrasse, die hier eine Höhe von 336,05 m hat, ist ein Schacht von 7,8 m abgetieft. Auf einer Höhe von 330,5 m (also 5,55 m unter der Oberfläche) ist ein elektrisch getriebenes Pumpwerk aufgestellt. Ein Reservoir, 200 m^3 gross, nimmt das Wasser auf. Herr F. Lehner, Mechaniker in Stilli, war sofort bereit, eine Pegelvorrichtung im Schacht herzustellen. Bei meinen wöchentlichen Besuchen wurde die Pumpe immer in Betrieb gestellt, um mir die genauen Temperaturaufnahmen möglich zu machen. Immer konnte man beobachten, wie nach 2 Minuten das Wasser im Schacht um 6 cm gefallen war. Hörte das Pumpen auf, so war innerhalb 2 Minuten der Wasserspiegel wieder auf das vorherige Niveau gestiegen. Selbst nach 24 Stunden ununterbrochenen Pumpens blieben diese Zahlen die gleichen. Während des Pumpens sieht man das Wasser von der Landseite her zufliessen.

Für die weiteren wöchentlichen Zahlen sei auf die Tabelle verwiesen. Im Abschnitt «Diskussion» werden diese Zahlen eingehender besprochen (weiter sei hingewiesen auf: Zweiter

Teil «Hydrologie Seite 17. Gutachten usw. für eine Trinkwasserversorgung von Stilli»).

Ich hätte zur Kontrollierung des Grundwasserspiegels eine günstigere, vom Fluss entferntere Station gewünscht, musste mich aber an die gegebenen Verhältnisse halten.

Nr. 15. Pumpstation Zementfabrik Siggental. Im Frühjahr 1919 wurde meine Aufmerksamkeit auf die Tatsache gelenkt, dass am rechten Aareufer in der Nähe des Bahnhofes Siggental eine Zementfabrik für ihre Wasserversorgung Grundwasser aus der Niederterrasse mittelst einer Pumpvorrichtung (wie in Stilli) bezieht. Die Distanz vom gemauerten Schacht bis zu der Aare ist 550 m (Stilli 165 m). In freundlicher Weise gestattete man mir, auch hier Beobachtungen zu machen. Eine Pegelvorrichtung wurde sofort hergestellt.

Die Niederterrasse ist beim Schacht 351 m hoch (15 m höher wie in Stilli) und ca. 25 m über dem Aarespiegel. Der Schacht ist viel tiefer als in Stilli, nämlich 28 m. Während der Grundwasserspiegel in Stilli ungefähr 8 m unter Oberfläche der Niederterrasse liegt, beträgt dieser Abstand hier ca. 24 m. Die Pumpstation liefert 300 Liter pro Minute. Beim Pumpen fällt der Grundwasserspiegel in 7 Minuten 14 cm, um nach Aufhören in 7 Minuten wiederum das frühere Niveau zu erreichen. Temperatur, Härte, Magnesiumgehalt, Permanenthärte und Trockenrückstand sind höher, die Schwankungen des Grundwasserspiegels aber nicht so gross wie in Stilli.

Im Abschnitt «Diskussion» werden weiter die gefundenen Zahlen mit denen von Stilli verglichen und näher erklärt.

Nr. 16. Quelle am Hexenplatz. Die Quelle ist ungefasst.

Am E-, NE- und SE-Teil des Geissberges findet man auf einer Höhe von 430—450 m einen Horizont mit kleineren und grösseren Erdschlipfen. S des Bessersteins ist auf der 1:25 000-Karte eine Stelle mit Bergrutsch angegeben. Herr K. Schwarz in Villigen war so freundlich, mir mitzuteilen, dass dieser Erdschlipf vom Dezember 1882 die Veranlassung war, dass die Gemeinde ein Gutachten verlangte von Prof. Dr. F. Mühlberg, inwieweit Villigen durch weitere Bergschlipfe gefährdet sei. Das Gutachten ist nicht mehr im Archiv zu finden. Im Protokoll der Gemeindeversammlung von Villigen (2. Januar 1883) findet man die Mitteilung, dass das Gutachten von Prof. Dr. Mühlberg vorgelesen wurde, worin betont war, dass die Gefahr ausgeschlossen sei, wenn man für das abfliessende Quellwasser Abfuhrkanäle grabe.

Es handelt sich dabei um die ungefasste Quelle am Hexenplatz, angegeben auf der 1:25 000-Karte NE des Bessersteins. Diese Quelle liegt auf der Höhe von 430 m, hier findet man einen kleinen Erdschlipf. Bei der Stampfelbachquelle kann man genau beobachten, wie auf der Grenze zwischen Geissberg- und Effingerschichten die Quelle aus einer Spalte in Geissbergschichten heraustritt. Hier ist also ein Quellhorizont, und dieser stimmt genau überein mit dem Horizont der Erdschlipfe. Nun geht aus den Beobachtungen der Quelle am Hexenplatz hervor, dass nur bei stärkeren und längere Zeit andauernden Regengüssen die Quelle funktioniert. Ich stelle mir die Sache so vor: Die Effingerschichten bei Villigen sind teilweise mit Schutt bedeckt. Bei stärkerem Regen füllt sich allmählich die ganze Schutthalde mit Wasser, und schliesslich fliesst das Wasser beim Hexenplatz aus. Bei längerem, andauerndem Regenwetter werden die mergeligen Effingerschichten darunter so weich und breiig, dass Erdschlipfe entstehen. Erst am 19. April 1919 war es mir möglich, Beobachtungen zu machen. Die Quelle hatte eine Ergiebigkeit von 15 Minutenlitern, eine Temperatur von 9,1° C; am 17. Mai war die Menge nur noch 1 Minutenliter, und die Temperatur 9,9° C. Am 28. Mai war die Quelle versiegt. Das am 19. April 1919 untersuchte Wasser stimmt auffallend überein mit dem Wasser der Lochgrabenquelle Nr. 5.

Nr. 17. Gefasste Quelle in Villigen, sog. Meierhofquelle. Diese Quelle ist auf 366 m Höhe gefasst, am Fusse der Effingerschichten, wo die Strasse Stilli—Villigen—Mandach abbiegt nach dem Kommetbach. Die Quelle Nr. 17 tritt wie die gefassten Quellen Nr. 18, 19 und Nr. 20 und die ungefassten Quellen Nr. 22, 23 und 24 unter gleichen Bedingungen aus und die Schichten, woraus das Wasser stammt, sind ähnlich. Auch die Quellen Nr. 4 und Nr. 9 sind von gleichem Typus.

Was die Effingerschichten anbelangt, möchte ich hier auf folgendes hinweisen. Um den ganzen Geissberg herum und N davon (sehr ausgedehnt), sind früher die Effingerschichten als anstehender Fels eingezeichnet worden. Bei dem neulich verlängerten Weg N Rüti nach dem Lochgraben und bei einem Bergrutsch an der Strasse Villigen—Mandach zeigten sich durch Kalk verkittete Bruchstücke von Effinger-, Wangener- und Geissbergschichten. Die Vermutung, dass die am Fusse der steilen Flühe (gebildet durch die Wangener- und Geissbergschichten) um das Plateau des Geissberges herum eingezeichneten anstehenden Effingerschichten nicht anstehend sind,

wurde bestätigt durch die neuen Aufschlüsse beim Bau der Strasse Villigen— Nidental (s. S. 5).

Zwei Quellen, eine bei «im Karrer» und eine 250 m S von «Nollen» (beide NW Villigen), zeigen uns, dass auch hier die Effingerschichten mit einer ziemlich mächtigen Verwitterungskruste überdeckt sind. Auf der Quellenkarte von Mühlberg ist, was den Geissberg und seine nächste Umgebung anbelangt, ein Teil der Effingerschichten als vorwiegend durchlässig gezeichnet, indem der übrige tiefere Teil der Effingerschichten als halb- oder ganzdurchlässige Gesteine eingetragen ist.

Auf Mühlbergs Quellenkarte sollten wahrscheinlich als durchlässig nicht nur durchlässige *anstehende* Schichten, sondern auch deren Schutt zur Darstellung kommen; daher das Nichtübereinstimmen der Abgrenzung der Effingerschichten, wo dieser Schutt prinzipiell weggelassen wurde.

Die Quellen bei Villigen, an der Riethalde (SW Steinen), am Niesberg (W Remigen), eingetragen auf der Grenze von diluvialem Kies (vorwiegend durchlässig) und den als halb oder ganz undurchlässig bezeichneten Schichten, kommen nicht etwa aus ersterem; die regelmässigen wöchentlichen Untersuchungen dieser Quellen ergab, dass sie (besonders was die Quellen bei Villigen anbelangt) vom Geissberg herstammen, durch die «Effingerschichten» bestehend aus verkitteten Effinger-, Wangener- und Geissbergbruchstücken) hindurchfliessen und auf einem bestimmten Niveau zutage treten.

Die Effingerschichten sind auch hier vom Schlossberg (SW Villigen) bis zur Trotte (NW Villigen) nicht anstehend, sondern in ihren obersten Partien teilweise bedeckt mit Bergrutsch; in den tieferen mit einer ziemlich mächtigen Verwitterungskruste oder mit Schutt, an mehreren Stellen bestehend aus verkitteten Bruchstücken von Wangener-, Geissberg- und Effingerschichten. In der Stampfelfluh (W Villigen) hat das Wasser des Baches den Schutt teilweise wegtransportiert und dadurch ist es möglich, hier den Kontakt zwischen den Geissberg- und Effingerschichten ganz genau zu beobachten, nämlich auf 458 m Höhe. Da alle Schichten mit ca. 5° nach SE einfallen, liegt er NE, E und SE des Bessersteins höchst wahrscheinlich noch etwas tiefer. Tritt das Wasser, vom Geissbergplateau herstammend, hier aus, so fliesst es in den die Effingerschichten bedeckenden Schutt und vermischt sich mit dem Sickerwasser der Schutthalde am Fuss derselben wo die verwitterten Effingerschichten mit der Niederterrasse oder

mit den Schuttkegeln der Seitenbäche zusammenstossen, tritt schliesslich das Wasser in mehreren gefassten (Nr. 17, 18, 19, 20) oder ungefassten (Nr. 22, 23, 24) Quellen zutage. Bei andauernden oder sehr starken Niederschlägen tritt fast überall am Fusse der mit Schutt bedeckten Effingerschichten Wasser hervor. Die Häuser W der Hauptstrasse in Villigen, deren Fundamente teilweise in den Fuss der Effingerschichten, in die Schutthalde, gebaut sind, haben dann viel Unannehmlichkeiten wegen des eindringenden Wassers.

Die Quelle Nr. 17 liegt am Ende eines NE—SW verlaufenden, 20 m langen, horizontalen Stollens in dem Effingerschichten-Schutt. Sie speist einen öffentlichen Brunnen in Villigen.

Die Temperaturen sind im Winter etwas tiefer, im Sommer etwas höher als die der Stampfelbachquelle Nr. 21. Das Wasser, vom Plateau herstammend, fliesst dort aus einer Spalte in den Geissbergschichten, hier aber oberflächlich durch eine Schutthalde. Auch ist bei Nr. 17 die Härte geringer. Deutlich kommt dies zum Ausdruck in Zeiten mit reicheren Niederschlägen. Das Regenwasser, das auf die Oberfläche der Schutthalde fällt, mischt sich mit dem Wasser vom Geissbergplateau.

In der «Diskussion» wird ein Vergleich zwischen dieser und der Quelle Nr. 9 (an der Riethalde) weiter durchgeführt werden.

Nr. 18. Sogenannte Hirschenquelle. Diese gefasste Quelle speist einen öffentlichen Brunnen. Sie liegt auf 368 m Höhe in Villigen, da wo die grosse Strasse nach Mandach abzweigt. Die Verhältnisse sind hier offenbar dieselben wie bei Quelle Nr. 17. Der Stollen verläuft mit sehr geringer Neigung 50 m in N—S-Richtung durch Schutt der Effingerschichten. Im Anfang des Stollens liegt ein 1½ m langes Reservoir, 17 m weiter ein Schlammsammler, nach 14 m wiederum ein Schlammsammler und nach weitern 14 m eine 4 m lange, mit 15° steigende Abzweigung, von wo das Wasser der am Ende gefassten Quelle ohne Röhre abfliesst.

Diese Quelle ist der Meierhofquelle Nr. 17 sehr ähnlich. Alle Daten von Nr. 17 stimmen mit den entsprechenden überein.

Nr. 19. Sogenannte Halseisenquelle.[1] Diese an der Strasse Villigen—Mandach gelegene, auf einer Höhe von 375 m gefasste Quelle, speist einen öffentlichen Brunnen in Villigen, den sogenannten Halseisenbrunnen. Ein 13 m langer Stollen

[1] Mitten im Dorf, offenbar einer der ältesten öffentlichen Brunnen bei dem, dem Namen nach zu schliessen, einst der Pranger stand.

N 50° E, nachher 2 m N 20° E verlaufend, führt zu der gefassten Quelle. Die allgemeinen Verhältnisse sind wie bei den gefassten Quellen Nr. 17 und Nr. 18.

Nr. 20. Privatquelle, des Herrn Schwarz. Sie ist gefasst und liegt gleichfalls an der Strasse Villigen—Mandach, nur 50 m weiter auf einer Höhe von 380 m. Ein horizontaler Stollen, 75 m lang, E—W laufend, führt zur Fassung. Das Wasser fliesst von zwei Stellen zu, von der einen Seite schwach, aber immer gleichmässig, der Zufluss von der andern Seite ist stärker, versiegt aber bei Tröckne. Auch bei Quelle Nr. 20 sind alle Daten die gleichen wie bei Nr. 17, 18 und 19, nur ist die Maximalergiebigkeit der Quelle eine viel niedrigere.

Nr. 21. Gefasste Quelle am Stampfelbach (Trinkwasserversorgung von Villigen). Diese gefasste Quelle, eine Spaltenquelle, speist den grössten Teil der Trinkwasserversorgung von Villigen, (die gefasste Quelle Nr. 9 an der Riethalde, die drei öffentlichen Brunnen zufliesst, kann der Röhrenleitung der Trinkwasserversorgung angeschlossen werden), sowie 3 öffentliche Brunnen: a) Brunnen beim Schulhaus, b) Brunnen vor dem Tor und c) Brunnen Ob Kilen. An der Stampfelfluh liegt der Kontakt zwischen Geissberg- und Effingerschichten ungefähr 475 m hoch; er ist gut zu beobachten, da der Stampfelbach hier fast allen Schutt weggeführt hat, und man kann konstatieren, dass der obere Teil der Effingerschichten mit losem Schutt (von oben Badener-, Wangener- und Geissbergschichten), der tiefere Teil mit verkitteten Trümmern bedeckt ist. 50 m E des Stampfelbaches, auf einer Höhe von 475 m ist im Schutt ein Stollen horizontal angelegt; der zunächstgelegene Abschnitt verläuft 8 m lang in der Richtung N 40° E, der folgende 10 m lang N 10° W. Die Quelle tritt aus vier Spalten an der Basis der Geissbergschichten heraus, sie sind 1—2 cm breit und ½ m hoch. Das Wasser wird sofort in ein Reservoir geleitet (170 m³) und von dort in einer Röhrenleitung nach Villigen geführt.

Bei der Besprechung der Quelle Nr. 2 (Trinkwasserversorgung Remigen) habe ich schon darauf hingewiesen, wie genaue chemische und geologische Untersuchungen unbedingt notwendig sind, wenn man beabsichtigt, eine Quelle für eine Trinkwasserversorgung zu fassen. Die Stampfelbachquelle ist ein Jahr lang jede Woche auf Ertrag, Temperatur und Gehalt untersucht worden. Für die Resultate weise ich hin auf die betreffende Tabelle Nr. XVII.

Die Schwankungen in der Ergiebigkeit sind gross, das Minimum von 30 Minutenlitern (21. Oktober 1919) ist gering, die organische Substanz schwankend und oft grösser als erlaubt, die Resultate der bakteriologischen Untersuchung recht ungünstig. Die Untersuchungen der Quelle der Trinkwasserversorgung von Remigen, vom Grundwasser der Pumpstation in Stilli und der Stampfelbachquelle zeigen wieder, dass man mit bedeutenden Kosten weniger gutes Wasser gefasst hat, während ebenso nahe einwandfreies Grundwasser aus der Niederterrasse zu haben gewesen wäre. Die Tabelle Nr. XVII (Stampfelbachquelle Tafel VIII) wird weiter im Abschnitt «Diskussion» eingehend besprochen werden. (Siehe Schlussfolgerungen Punkt 1.)

An dieser Stelle möchte ich speziell hinweisen auf die Arbeit: «Les Sources issues de terrains calcaires» von Prof. Dr. H. Schardt (Literaturliste Nr. 27). In dieser Arbeit werden eingehend die verschiedenen Faktoren besprochen, welche die Quellen, die ihr Sammelgebiet in Kalkboden haben, beeinflussen. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Quellen hydrologisch-geologisch und chemisch-biologisch untersucht werden müssen, bevor sie für Trinkwasserversorgung benutzt werden.

Nr. 22, 23, 24. Diese 3 Schuttquellen können ohne weiteres zusammen besprochen werden. Sie liegen an der Strasse Villigen—Mandach, 100 m NW vom Stampfelbach. Die Bedingungen, unter welchen diese 3 ungefassten Quellen hervortreten, die Lagerungsverhältnisse sind ungefähr die gleichen wie bei den Quellen Nr. 17, 18, 19 und 20, nur geht hier die Schutthalde bis an die Strasse hinunter und die Quellen treten am Fusse dieser Halde zutage. Sie liegen auf der gleichen Höhe von 396 m. Die Distanz zwischen Quelle Nr. 22 und 23 beträgt 15 m, die zwischen Nr. 23 und Nr. 24 35 m. Wie aus der Tabelle hervorgeht, sind sie nur tätig bei anhaltenden Niederschlägen, kommt eine Trockenperiode, dann sind sie bald versiegt. Hier zeigt sich also ein grosser Unterschied gegenüber den Quellen Nr. 17—20, die in einer Trockenperiode stark abnehmen, aber doch nie ganz versiegen. Kommt ein Teil des Wassers der Quellen Nr. 17—20 vom Geissbergplateau her, so werden die Quellen Nr. 22, 23, 24 nur gespeist durch die auf den Schutt und auf die verwitterten Effingerschichten unterhalb der Langhalde fallenden Niederschläge. Härte, Trockenrückstand, organische Substanz weisen auch darauf hin.

Nr. 25. Gefasste Quelle, «im Karrer«. Höhe 407 m. Auf diese Quelle wurde schon hingewiesen auf Seite 38.

Sie ist eine Schuttquelle. Die Effingerschichten[1] sind auch hier mit einer Verwitterungskruste bedeckt. Die Ausdehnung und Mächtigkeit dieser Kruste muss ziemlich mächtig sein, da die Quelle, obwohl nicht ergiebig, doch erst nach längerer Tröckne versiegt.

Das Wasser der Quelle hat eine verhältnismässig grosse Härte. Nur bei ergiebigen Regengüssen nimmt die Härte um 7° ab. Magnesiumgehalt und Trockenrückstand sind grösser als bei den Quellen Nr. 17—20 (langsames Einsickern von Regenwasser in stark verwitterte Schichten). Die Schwankungen der Temperatur sind auch viel grösser als die der Quellen Nr. 17 bis 20. Der Karrer ist ein mit Reben bepflanzter Hügel, im Sommer der Sonnenbestrahlung stark ausgesetzt, deshalb ist das darin fliessende Wasser den Schwankungen der Lufttemperatur stark unterworfen.

Nr. 26. Ungefasste Quelle «im Schwaller». Diese Quelle tritt NE von Villigen am Fusse eines grossen Bachschuttkegels auf der Höhe der Niederterrasse zutage, sie ist also eine Schuttquelle. Sie funktioniert nur bei ergiebigen Niederschlägen. Nach einer Trockenperiode (z. B. im August) fängt die Quelle erst an zu fliessen wenn stärkere Niederschläge einsetzen (z. B. im September). Die Ergiebigkeit ist nicht gross. Folgt z. B. im Oktober und November wiederum eine Trockenperiode, dann versiegt die Quelle sehr bald. Setzen dann im November und im Dezember die Winterregen ein, dann schwillt die Quelle langsam an, um eine immer grössere Ergiebigkeit zu erreichen. Werden Mitte Mai die Niederschläge geringer, dann versiegt die Quelle, um im Juli bei stärkerem Regen noch einmal für kürzere Zeit zu erscheinen. Die Schwankungen der Temperatur sind so gering, nur 0,7° C., dass das Wasser nicht nur von Niederschlägen herrühren kann, die auf den Schuttkegel fallen (Höhe der Schuttkegeloberfläche bei der Strasse in Villigen 370 m, Quellpunkt am Fusse des Schuttkegels 362 m), sondern höchstwahrscheinlich der Hauptsache nach aus dem Tal NW von Villigen, das die Strasse nach Mandach benützt, stammt. Die Beobachtungen der Wasserführung des Meistelmattbaches und des Stampfelbaches (siehe Tabellen XXIII und XXV) zeigen uns, wie viel Wasser von diesen Bächen im Boden verschwindet. Ist diese Menge nicht sehr gross, so hat das Wasser Gelegenheit, bis auf die darunterliegende Nieder-

[1] Sie bestehen hier vorwiegend aus Kalkbänken, die dem Karrer sein Relief verleihen.

terrasse zu gelangen und einzusickern. Bei starker Wasserführung der Bäche gelangt mehr Wasser in den Schuttkegel als einsickern kann und die Quelle funktioniert. Härte, Trockenrückstand und organische Substanz bestätigen diese Auffassung.

Nr. 27 und 28. Ungefasste Quellen «im Appli». Im Appli war früher ein Sod. Auf der Mühlbergschen Quellenkarte ist er noch eingezeichnet, leider hat man ihn seit einigen Jahren mit Schutt ausgefüllt. Da die Quellen Nr. 27 (östlich der Strasse Villigen—Duellmatten) und Nr. 28 (westlich der Strasse) «im Appli» bei Niederschlägen schnell anwachsen, aber auch schnell versiegen, hätte der Sod vielleicht genauere Beobachtungen möglich gemacht über das Grundwasser in diesen Schuttkegeln. Beide Quellen treten nämlich auf solchen zutage, die Quelle Nr. 27 am Fusse bei 364, wo der Kegel auskeilt auf der Niederterrasse, Quelle Nr. 28 etwas höher, 368 m, auf dem Schuttkegel. Erstere gleicht denn auch noch mehr als letztere der Quelle Nr. 26 (im Schwaller). Die Schwankungen der Temperaturen sind wie bei Nr. 26 sehr gering. Auch hier stammt ein Teil des Wassers nicht allein von den auf die Oberfläche des Schuttkegels fallenden Niederschlägen, sondern aus dem Tälchen zwischen Steinbrüchli und Hofer und von Guglen (NW Villigen). Das Sammelgebiet dieser Quellen ist viel kleiner als das der Quelle Nr. 26, sie (speziell Nr. 28) schwellen daher schnell an, versiegen aber auch bald und sind nicht so ergiebig. In Total- und Permanenthärte, Magnesiumgehalt, Trockenrückstand und organische Substanz sind die Quellen 26, 27 und 28 einander sehr ähnlich.

Nr. 29. Gefasste Quelle «im Nollen». Diese gefasste Quelle im Nollen (etwas W von Nüspenrüti auf der Karte) liegt am Fusse des 505 m hohen Nollen bei 419 m. Die Ergiebigkeit ist kleiner als die der Quelle im Karrer. Sie ist nicht so gut gefasst wie jene. Sonst sind beide Quellen einander völlig ähnlich. Alles was bei der Beschreibung der Quelle Nr. 25 hervorgehoben wurde (Verwitterungskruste der Effingerschichten usw.), ist auch hier gültig. Die Temperaturschwankungen sind gross. Das Wasser kann nur wenig tief in die Schicht eindringen und ist daher der Einwirkung der Lufttemperatur stark unterworfen.

Nr. 30. Ungefasste Quelle. Sie liegt auf 470 m Höhe, 100 m S von «Gaben» im Nidenthal. Diese wenig ergiebige Quelle tritt am E-Rand der in diesem Teil

des Nidenthals die Effingerschichten bedeckenden Verwitterungskruste aus. Diese Kruste ist hier nicht mächtig, was aus den grossen Schwankungen der Temperatur hervorgeht, die viel grösser sind als bei der 400 m weiter W gelegenen Quelle im Nidenthal (Nr. 32) und zweitens aus der Härte, die bei ergiebigen Niederschlägen um 9° zurückgeht.

Nr. 31. Gefasste Quelle an der neuen Strasse Villigen—Nidenthal. Diese Quelle ist bei dem Bau der neuen Strasse Villigen—Nidenthal im Sommer 1919 bei 480 m Höhe zutage getreten. Unter den an dieser Stelle anstehenden Kalkbänken der Effingerschichten liegt hier eine mergelige Schicht, auf der die Quelle austritt. Anfänglich hatte sie eine Ergiebigkeit von acht Minutenlitern. Am 9. September 1919, 14 Tage später, war die Temperatur 11° C, die Menge sechs Minutenliter. Weitere Beobachtungen stehen nicht zur Verfügung.

Quelle Nr. 32. Ungefasste Nidenthalquelle. Diese Quelle liegt auf 555 m Höhe im Nidenthal, 50 m S vom *N* in *N*identhal. Sie tritt zutage am Fusse der mit einer Verwitterungskruste bedeckten Effingerschichten, wo diese den Talboden erreichen. Ihre Ergiebigkeit ist grösser als die der Quelle Nr. 30.

Die Temperaturschwankungen sind viel geringer; das die Quelle speisende Wasser kommt aus einem tieferen Niveau und zweitens ist hier der Boden mit Wald bedeckt, während bei Quelle Nr. 30 der Boden mit Reben bepflanzt ist.

Die Quelle stimmt fast in allem überein mit der Quelle Nr. 6 (Sonnenberg im Lochgraben), die gleichfalls ihr Wasser nur aus einem ziemlich kleinen Gebiet von verwitterten Effingerschichten bezieht. Nur sind die Temperaturen dieser Quelle niedriger.

Diese Erscheinung kann man bei allen Quellen an der N-Seite (Schattenseite) des Geissberges beobachten.

Quellen Nr. 33, 34 und 35. Sie bekommen ihr Wasser nicht vom Geissbergplateau, oder von den damit in unmittelbarer Verbindung stehenden Schichten oder aus Schutt, wurden aber doch der regelmässigen Beobachtung unterworfen, da anfänglich ohne weiteres nicht zu konstatieren war, woher sie ihr Wasser beziehen. Die Quelle Nr. 34 ist die Hauptquelle; sie liegt auf 445 m Höhe. 40 m weiter W findet man nach andauernden ergiebigen Niederschlägen die Quelle Nr. 35. Sie funktioniert nur vorübergehend. Die Quelle Nr. 33 ist klein und erscheint E vom Fussweg Nüspenrüti—Meistel-

matt, da wo die verwitterten Effingerschichten anstossen an die tiefste Talsohle (150 m N von Nüspenrüti). Die grösste Menge ist 60 Minutenliter (4. Januar 1919). Am 16. Juli 1919 war die Quelle versiegt. Die Hauptquelle Nr. 34 tritt zutage mitten in der tiefsten Talsohle, 250 m SE von «Gemeindehalden». Nach N steigt die Talsohle stark an. Das auf die nach S geneigte Oberfläche der Birmensdorferschichten fallende Wasser fliesst zwischen der Gemeindehalde und Juhenrain ab. Auch die Niederschläge, die auf die Effingerschichten daselbst fallen, müssen sich schliesslich in der tiefsten Talsohle bei Meistelmatt ansammeln, da die Kalkbänke in den Effingerschichten etwas S von Meistelmatt ein Abfliessen nach E, W und S unmöglich machen. Der Meistelmattbach mit seinem Ursprung etwas weiter W vom *ü* in «Teufelsk*ü*che», verdankt seine Entstehung den gleichen Ursachen. Der Bach fliesst ununterbrochen N dieser Kalkbänke. Beim letzten *t* von Meistelmat*t* durchsägt er sie, etwas S von Nüspenrüti quert er zum zweiten Mal einen solchen, höher liegenden Komplex. Von allen Seiten fliesst ihm oberflächliches, oder in geringer Tiefe durch die verwitterten Effingerschichten gesammeltes Wasser zu: der Bach führt viel mehr Wasser (z. B. bei seiner Vereinigung mit dem aus dem Nidenthal abfliessenden Bach) als die Meistelmattquelle zutage fördert. Die Meistelmattquelle Nr. 34 ist ungefasst.

Nur bei andauernden Niederschlägen, wenn die ganze Talsohle der Meistelmatt gefüllt ist, quillt 50 m W Nr. 34 eine Quelle Nr. 35 auf. Nur einmal, am 4. Januar 1919, war es mir möglich, diese zu beobachten. Die Menge betrug 60 Minutenliter, die Temperatur 8,6° C (von Quelle Nr. 34 betrug damals die Menge 120 Minutenliter, die Temperatur 9,2° C).

Quelle Nr. 36. Quelle bei «Neunbrunnen». Diese ungefasste Quelle tritt auf 580 m Höhe zutage, am Fusse einer Schutthalde, unter gleichen Verhältnissen wie bei Villigen, wo die Quellen Nr. 22—24 austreten. Nur hat man hier einen ganzen Quellhorizont, daher der Name «bei Neunbrunnen». An mehreren Stellen, auf einer Breite von 50 m, treten kleinere Wassermengen hervor, die sich allmählich in einer Rinne sammeln und durch ein kleines Tälchen in der Richtung des Hasenberges abfliessen.

In Härte usw. stimmen die Quellen Nr. 22, 23, 24 und 36 miteinander überein. Dass die Quelle Nr. 36 nicht so bald versiegt, verdankt sie dem Umstand, dass ihr das Wasser auch von der Seite her zufliesst. Die Schutthalden im E und W

senken sich, wie auf der Karte ersichtlich, allmählich nach der Rinne, in welcher die Quelle entspringt.

Nr. 37 bis Nr. 45 bei Remigen. W von Remigen, am Fusse des Bötzberges, treten einige Quellen zutage. Sie sind einige Mal auf Menge und Temperatur beobachtet und das Wasser chemisch untersucht worden. Die Art, Beschaffenheit und Lagerungsverhältnisse der Schichten am Fusse des Bötzberges sind so übereinstimmend mit denen am SE-Fuss des Geissberges, dass ich mich entschloss, hier vergleichende Beobachtungen zu machen. In ähnlicher Situation wurde am Geissberg das Wasser des Sodes Nr. 7 (im Hasel) und die Quellen Nr. 10, 11, und 12 beobachtet. Ein Vergleich der betreffenden Tabelle zeigt uns eine grosse Uebereinstimmung in den Eigenschaften aller dieser Quellen gemäss der von Tardy in seiner Arbeit: Geologie des nappes aquifères (Literaturliste Nr. 16) festgestellten Regel: «Der Kalkgehalt dieser Quellen und Flüsse wird bedingt durch den Zufluss der Sickerwässer, je nach den Schichten, welche das Wasser liefern, aber auch je nach den Jahreszeiten, d. h. der Wassermenge, welche als Niederschlag fällt.»

a) Die durch Quellen fortgeschafften Mengen $CaCO_3$.

Nach den Untersuchungen von Prof. Dr. H. Schardt: Note sur la Valeur de l'Erosion souterraine par l'action des Sources (Literaturliste Nr. 31) enthalten die Quellen, die ihr Einzugsgebiet in Kalkboden haben, eine beträchtliche Menge $CaCO_3$ pro Liter. Sie führen auf diese Weise pro Jahr grosse Quantitäten Kalk fort.

1 Sekundenliter gibt bei 1° Härte pro Jahr an $CaCO_3$ = 0,32482 Tonnen oder 0,1203 m^3.

1 Minutenliter gibt bei 1° Härte pro Jahr $CaCO_3$ = 0,00541 Tonnen oder 0,002005 m^3.

Die Härte der Quellen, die vom Geissbergplateau herkommen, beträgt im Mittel 25°. Die gesamten Quellen liefern im Mittel 1080,9 Minutenliter. Sie führen also pro Jahr fort

$$1080{,}9 \times 25 \times 0{,}002005\ m^3 = 54{,}1801\ m^3.$$

Immerhin ist dieser Betrag klein, wenn man ihn vergleicht mit dem, welchen die Quelle der Areuse mit ihren 4000 Sekundenlitern und 20° Härte pro Jahr wegführt (9624 m^3). Man soll aber nicht vergessen, dass es sich hier am Geissberg um ein Plateau von nur 3,669 km^2 handelt, während das Einzugsgebiet der Areuse 140 km^2 umfaßt.

Flüsse und Bäche.

(Aare und ihre Zuflüsse.)

Schon früher wurde betont, dass der Aare von W her nur kleine Bäche zufliessen und dass gegenwärtig die Erosion des Geissberges mehr durch Verwitterung und Korrosion der Schichten als durch direkte Arbeit der Bäche geschieht, dass das Wasser des Quellhorizontes im Hangenden der Effingerschichten diese durchfeuchtet und in Bewegung setzt. Es handelt sich hier also mehr um eine Massenbewegung als Massentransport im Sinne von Fenck.

Da ich am Anfang meiner Untersuchungen der Meinung war, dass sie mir Material liefern könnten, wieviel Wasser hier oberflächlich abfliesst, wurden die Bächlein in die regelmässigen Beobachtungen einbezogen. In den schon früher erwähnten Quellenheften fand ich Notizen wie z. B.: Krebsbach Wassermenge in Minutenliter 20. Obschon nicht angegeben war, an welcher Stelle diese Menge festgestellt wurde, nahm ich an, dass damit die Mündung der Bäche gemeint sei. Der Geissberg, in seiner isolierten Lage, nicht beeinflusst durch tektonische Störungen oder durch Nachbargebiete, versprach Aufschluss darüber zu geben, ein wie grosser Teil des Niederschlages durch Quellen oder durch oberflächliche Gerinne (Bäche, Flüsse) abfliesse. Die Quellen in diesem Gebiet waren alle bekannt und wurden regelmässig beobachtet. Die Menge des durch die Bäche abgeführten Wassers war gleichfalls genau zu messen und die Grösse ihres Einzugsgebietes genau planimetrisch zu bestimmen.

Keilhack in seinem Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde pag. 96 schreibt, nachdem er die Kondensationstheorie besprochen hat: In einer Anzahl von Fällen ist bereits der Nachweis gelungen, dass die einem ganz bestimmten Niederschlags- und Einzugsgebiet entsprechenden Abflussmengen grösser sind als die in dem betreffenden Gebiete fallenden Niederschläge. Weiter sagt er: «Besonders geeignet für solche Untersuchungen, die in grösserem Umfange als dies bisher geschehen ist, zur Ausführung kommen sollten, sind natürlich solche wasserspendende Gebiete, bei denen durch die Oberflächengestaltung eine scharfe Begrenzung des Niederschlagsgebietes gegeben und durch den geologischen Bau die Möglichkeit ausgeschlossen ist, dass Wasser aus Gebieten ausserhalb des Niederschlagsgebietes auf unterirdischem Wege zutreten kann usw.» Sehr bald folgte hier eine Enttäu-

schung: Die als Effingerschichten auf der 1 : 25 000-Karte eingezeichneten Schichten zeigten sich an mehreren Stellen bedeckt mit Schutt oder einer Verwitterungskruste. Nicht nur durch die Quellen allein, sondern auch an vielen anderen Stellen floss das Wasser in der tiefsten Talsohle oder in der Niederterrasse ab, ohne dass es möglich war, die Menge zu messen; während früher das Grundwasser an mehreren Stellen am Ufer der Aare in Quellen zutage trat, verschwanden dieselben nach der Stauung der untern Aare in der Beznau alle unter dem Aarespiegel. Aber auch von einer Bestimmung der Wasserführung der Bäche war keine Rede. Aus den Beobachtungen ging hervor, dass nur ausnahmsweise der ganze Bach Wasser führte. An drei oder mehr aufeinander folgenden Stellen ergaben die Beobachtungen ebenso viele abweichende Resultate in Bezug auf Menge und Temperatur. Bachabwärts lässt sich meistens weder eine regelmässige Vermehrung noch Abnahme der Wasserführung konstatieren. Oft kann weder von richtigen Bächen noch von eigentlichen Quellläufen gesprochen werden. Jeder Wasserlauf ist dann und wann nach Umständen teilweise Quellauf, Abflussrinne für oberflächlich abfliessendes Wasser, Grundwasseraufstoss (Effleurement d'eau de fond) oder er verschwindet, weil das Grundwasser tiefer liegt als der Bachwasserstand. Sie sind von dem Typus, den Dr. Soyka als oberflächliche Gerinne angibt, nach seinen sorgfältigen Untersuchungen über Verschwinden von oberflächlichen Gewässern (Keilhack, Lehrbuch pag. 167). Ich habe die verschiedenen Beobachtungen in Tabellen festgelegt, damit man sich eine Vorstellung machen könne, wieviel Wasser sie führen und wieviel im Boden verschwindet. Die verschiedenen Wasserläufe sind in kleinen Skizzen[1] wiedergegeben. Mit grossen Buchstaben A, B usw. sind die Stellen bezeichnet, wo Temperatur und Menge festgestellt wurden. In der Tabelle findet man in einer folgenden Kolonne notiert, wieviel Schritt bachabwärts das Wasser verschwunden war. Von einer Regelmässigkeit ist nichts zu verspüren. Aus der Tabelle des Nidenthalbaches geht z. B. hervor, dass bei A am 14. September 1918 eine Menge von 80 Minutenliter nach 80 Schritt verschwunden war, aber am 26. April 1919 sind nur 25 Minutenliter nach 80 Schritt verschwunden. Bei B verschwanden am 14. September 1918 120 Minutenliter nach 150 Schritt im Boden. Am 4. Januar

---

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

1919 sind von 175 Minutenlitern in B bei C nur noch 20 Minutenliter übrig geblieben. 155 Minutenliter scheinen das Maximum zu sein, das auf der Strecke B—C im Boden aufgenommen wird. Beim Stampfelbach konnte die Menge des von der Quelle Nr. 21 zufliessenden Wassers genau gemessen werden, da meistens nur dieses Wasser (bezw. der Ueberlauf der gefassten Quelle den Bach speist. Hier verschwanden 200 Minutenliter am 25. Januar 1919 nach 150 Schritt im Boden. Von 252 Minutenliter bleiben in L noch 150 Minutenliter übrig (18. Januar 1919), aber von 90 Minutenliter flossen am 7. Dezember 1918 noch 5 Minutenliter in L vorbei. Auch hier keine Regelmässigkeit. Die Absicht, die Wasserläufe zu verwenden, um die oberflächlich abfliessenden Wassermengen zu bestimmen, oder festzustellen, wieviel Prozent Wasser der Boden aufzunehmen vermag, musste aufgegeben werden. Schliesslich habe ich das Wasser der Bäche einmal chemisch untersucht (Tabelle IX). Auch dabei kommt zum Ausdruck, wie verschieden die chemische Zusammensetzung des Wassers der Bäche von dem der Aare ist.

Die allgemeine Erscheinung im Gebiet des Tafeljuras, dass die Bäche im letzten geologischen Zeitabschnitt zurückgegangen sind und ihr früher fortbewegtes Geschiebe nicht mehr zu bewältigen vermögen, hat seinen Hauptgrund darin, dass sie im eigenen Schutt versiegen (siehe F. Schlussfolgerungen Punkt 5).

b) Die Prozente der Niederschläge, die die Quellen zutage fördern.

Nach den Untersuchungen von Prof. Dr. H. Schardt: Note sur l'origine des sources vauclusiennes de la Doux et de la Noiraigue (Literaturliste Nr. 32) werden 60 bis 70% der Niederschläge durch die ausgedehnten Kalkoberflächen des oberen Jura absorbiert.

Diese Menge Wasser wird durch die Quellen zutage gefördert, welche an der Basis der Kalke auf den undurchlässigen Effingermergeln austreten.

Um auch beim Geissbergplateau zu bestimmen, wieviel Prozent der gefallenen Niederschläge den Quellen zugute kommt, wurde die Oberfläche des Plateaus und ein Teil der Schuttumrandung genau planimetrisch bestimmt. Die Oberfläche ist 3 669 000 m^2 = 3,669 km^2. Von August 1918 bis August 1919 betragen die Niederschläge 1087,2 mm. Die totale

auf diese Fläche gefallene Regenmenge ist also 3988936800 Liter.

Da die sichtbar zutage tretenden Quellen während des gleichen Zeitabschnittes 562865040 Liter zutage förderten, kommen also nur 14,1 % der Niederschläge den Quellen zugute.

Diese 14,1 % stimmen also nicht überein mit dem durch Prof. Dr. H. Schardt gefundenen Ertrag von 60 bis 70 %. Das war zu erwarten. Um den Fuss des ganzen Geissbergplateaus herum liegen grosse Massen Schutt, durch die hindurch das Wasser unsichtbar nach allen Seiten abfliessen kann und deswegen ist es nicht möglich, für jede Quelle, die vom Geissbergplateau ihr Wasser bekommt auch nur annähernd ein mutmassliches Einzugsgebiet festzustellen.

Die untere Aare wurde, wie schon früher hervorgehoben, wöchentlich auf Temperatur und Pegelhöhe beobachtet und das Wasser chemisch untersucht. Leider ist sie bei Stilli nicht mehr ein ganz natürlich strömender Fluss. Die Elektrizitätswerke in der Beznau hatten zur Folge, dass die untere Aare gestaut wurde. Während vor der Stauung am W-Flussufer mehrere Grundwasserquellen zutage traten, liegen jetzt alle unter dem Flussspiegel (selbst während des tiefsten Standes des Wassers der Aare). Die Temperatur des Wassers wurde immer bestimmt am Fusse der Pegelvorrichtung, auch das Wasser für die chemischen Untersuchungen wurde dort der Aare entnommen. Das Wasser der Reuss, die 2,8 km und der Limmat, die 1,7 km oberhalb von der andern Seite in die Aare einmünden, hat sich bei Stilli noch nicht ganz mit dem Wasser der Aare vermischt. Im Sommer ist deutlich zu konstatieren, wie in der Mitte des Flusses das Wasser (der Reuss) kälter ist als das Wasser der Aare auf der linken Seite und das der Limmat auf der rechten Seite (Einfluss des Gletscherschmelzwassers). Mehrere Wochen lang wurde die Temperatur an beiden Ufern gemessen. Aus der Tabelle geht genugsam hervor, wie gross diese Differenzen sind. Sie können nicht herstammen von der Sonnenbestrahlung, sonst müsste das Wasser am W-Ufer immer wärmer sein. Aber auch aus den chemischen Untersuchungen des Wassers, am gleichen Tag, in derselben Stunde, an zwei Stellen, auf gleicher Höhe der Aare entnommen, geht hervor, dass das Wasser verschieden ist. Im Abschnitt Diskussion wird an Hand der Tabelle und einer graphischen Darstellung das Wasser der Aare eingehender besprochen.

E. Diskussion der Resultate.

(Vergleiche Tabellen und graphische Darstellungen.)

Die wöchentlichen Beobachtungen sollten in Tabellen niedergelegt und durch graphische Darstellungen leicht übersichtlich und vergleichbar werden. Aus ihnen werden einmal schon bekannte Tatsachen bestätigt, andererseits wird sich zeigen, dass noch weniger bekannte Zusammenhänge existieren zwischen den Quellen und den von ihnen durchflossenen Medien. Zu den schon lange bekannten und allgemein zugegebenen Grundregeln gehören z. B. folgende:

«Der Wasserreichtum der Quellen steht in engem Zusammenhang mit der Menge der Niederschläge. Nicht nur die jahreszeitlichen Schwankungen der Niederschlagsmengen, sondern auch trockene und nasse Jahre machen sich fühlbar. Aus geringerer Tiefe kommende Quellen sind diesen Schwankungen mehr unterworfen als solche aus grösserer Tiefe; letztere Quellen sind daher mehr ausgeglichen. Die Temperatur einer Quelle wird bestimmt durch die Temperatur der Bodenschichten, durch die sie hindurchfliesst und naturgemäss durch die Temperatur der sie speisenden Wässer; während die Temperatur der aus grösserer Tiefe kommenden Quellen oft das ganze Jahr nahezu konstant bleibt, ist die der mehr oberflächlich fliessenden, grösseren Schwankungen unterworfen. Bei stärkeren Regengüssen nimmt die Härte des Wassers und die Temperatur einer Quelle ab, usw.»

Die regelmässigen wöchentlichen Beobachtungen während eines Jahres, in dem hiefür günstig gelegenen Gebiet, versprachen hierüber ganz bestimmte Resultate. Es liess sich erwarten, dass in einem bestimmten Gebiet die oben genannten längst bekannten Erscheinungen durch lokale, nicht ohne weiteres erkennbare Umstände verschleiert sein würden; und zudem zeigte es sich, dass bei den bereits existierenden geologischen Aufnahmen für hydrologische Untersuchungen die Genauigkeit zu wünschen übrig liess, speziell was die für die Quellen so wichtigen Schuttbildungen anbetrifft. Bei einigen Quellen war der Einfluss eines Gewitterregens so schnell zu verspüren, dass eine genauere Untersuchung darüber aufklären müsste, in wieweit die Wirklichkeit von der auf der 1:25000 Karte angegebenen abweicht (Halseisenquelle Nr. 19 am Fusse anstehender Effingerschichten). Ferner musste schon bei den wöchentlichen Beobachtungen merkwürdigerweise konstatiert werden, dass unmittelbar nach stärkeren Regen-

güssen die Temperatur einiger Quellen nicht fiel, sondern anfänglich um $^{2}/_{10}{}^{0}$ C stieg, um erst nachher zu fallen; ähnlich die Härte.

Graphische Darstellungen. Ich wählte von den verschiedenen Gewässertypen meines Gebietes je einen Vertreter aus und stellte auf demselben Blatt die beobachteten Faktoren wie Ertrag, Temperatur, Härte, Trockenrückstand und organische Substanz in Kurven zusammen.

Tafel III, Stampfelbachquelle Nr. 21 (Spaltenquelle).

Tafel IV, Lochgrabenquelle Nr. 5 (zuletzt durch Schutt fliessende Schichtquelle).

Tafel V, Pumpstation Stilli Nr. 14 (Grundwasser).

Tafel VI, Aarewasser (Flusswasser).

Ich bespreche dann für diese Vertreter, der Reihe nach, die einzelnen dargestellten Grössen (Ertag, Temperatur, Härte Trockenrückstand und organische Substanz) und ziehe dabei zum Vergleich, wenn nötig, auch andere untersuchte, aber graphisch nicht bearbeitete Quellen etc. heran. Dann werde ich die gemäss diesem Schema diskutierten Gewässer nach ihrem Wesen und ihren Eigenschaften gruppiert behandeln.[1]

a) Verhältnis zwischen *Niederschlägen* und *Ertrag* der Quellen, resp. Grundwasser- oder Flussniveauschwankungen (siehe die betreffenden Kurven).

Tafel III, Stampfelbachquelle Nr. 21.

Diese Kurve zeigt anschaulich, wie die Niederschläge den Ertrag beeinflussen. Maxima und Minima bei den Niederschlägen kommen kurze Zeit nachher in der Kurve zum Ausdruck. Meistens erreicht die Quelle nach ergiebigen Niederschlägen in der nächstfolgenden Woche ein Maximum. Hört der Regen auf, so sinkt die Kurve schnell, um drei oder noch wenige Wochen nachher ein Minimum zu erreichen. Ist der Ertrag der Quelle schon ziemlich gross und es setzen noch stärkere Regenmengen ein, so erreicht die Quelle innerhalb derselben Woche ein Maximum.

Nach Perioden *niedrigen* Quellertrages entspricht:
dem Maximum der Niederschläge in der 15. Woche
ein Maximum der Quelle in der 15. Woche,
dem Maximum der Niederschläge in der 20. Woche
ein Maximum der Quelle in der 21. Woche,
dem Maximum der Niederschläge in der 56. Woche
ein Maximum der Quelle in der 58. Woche.

[1] Zugehörige gruppenweise Kurvendarstellungen lagen dem Manuskript bei. (sind deponiert im Archiv der Versicherungsgesellsch. Aarau.)

Der niederschlagsfreien 22. Woche entspricht
ein Minimum der Quelle in der 25. Woche,
der niederschlagsfreien 54. Woche entspricht
ein Minimum der Quelle in der 56. Woche.

Bei relativ hohem Quellertrag entspricht:
dem Maximum der Niederschläge in der 40. Woche
ein Maximum der Quelle in der 40. Woche,
dem Maximum der Niederschläge in der 46. Woche
ein Maximum der Quelle in der 46. Woche.

Im Herbst 1918 schwillt bei Niederschlägen die Quelle stark an; hören aber diese auf, so sinkt sie wiederum schnell auf einen Minimalertrag zurück. Auch im Dezember 1918 und im März, April und Mai 1919 sind die Schwankungen gross, nur bleibt immer der absolute Ertrag bei Minima ein höherer als in der vorausgehenden Periode des Tiefstandes. Welche Schlussfolgerungen können aus diesen Tatsachen gezogen werden, was das Sammelgebiet dieser Quelle betrifft? Die Quelle tritt aus einer Spalte an der Basis der Geissbergschichten am E-Ende des Geissbergplateaus hervor. Der ganze Malmkomplex liegt in fast ungestörter tektonischer Lage auf den Effingerschichten. Die Wände bestehen aus steilen Flühen. Die Schichten fallen, wie bereits erwähnt, schwach SE. Nach der 1 : 25 000-Karte Mühlbergs sollte fast das ganze Plateau bedeckt sein mit lehmigen Kiesen (D IV Moränen der grössten Vergletscherung). Das Verhalten der Quelle zwingt uns, anzunehmen, dass von einer solchen mehr oder weniger mächtigen Deckschicht keine Rede sein kann. Bei meinen wöchentlichen Begehungen zeigte es sich, dass selbst nach den schwersten Regengüssen nirgendwo auf dem Plateau das Wasser stehen bleibt. Nur im Güllenholz auf den Badenerschichten gift es einen Weiher, der das ganze Jahr hindurch mit Wasser gefüllt ist. Weiter fliesst an beiden Seiten von dem neuen Weg über das Geissbergplateau von Punkt 622 bis zum Schnittpunkt der 600-Kurve bei Regengüssen das Wasser schnell ostwärts und verschwindet bei 600 m im Boden. An dieser Stelle nun beginnt eine ziemlich mächtige Deckschicht, wie Untersuchungen mit dem Bohrstock ergaben, bestehend aus lehmigen Kiesen. Wäre ein einigermassen mächtiger, aber wenig verlehmter Schotter auf dem Plateau vorhanden, dann müsste dieser als eine Art Grundwasserträger hemmend auf das Versickern der Niederschläge wirken (siehe erster Teil: Stratigraphie, Beschreibung D IV, Seite 9).

Die Kalke der Wangener- und Geissbergschichten mit einer Gesamtmächtigkeit von ungefähr 80 m sind stark und tief zerklüftet und deswegen äusserst durchlässig (die Breite der Spalte, woraus die Stampfelbachquelle zutage tritt, ist unten 1, oben 2 cm breit, die Höhe ist ½ m). Diese Klüfte erlauben den Niederschlägen schneller einzusickern und ein rasches Abfliessen nach der Quelle. Die Kurve des Quellertrages macht aber noch auf eine weitere Eigentümlichkeit aufmerksam. Im allgemeinen sagt man: durch Einfluss des Regens nimmt Temperatur und Härte einer Quelle ab. Mehrere Male musste ich aber bei meinen wöchentlichen Beobachtungen konstatieren, dass nach Niederschlägen die Temperatur etwas gestiegen war und im Laboratorium erwies sich die Totalhärte grösser. Die Kurven der Härte und des Ertrages der Stampfelbach- und Lochgrabenquelle zeigen das sehr deutlich. Die andauernden Regengüsse im Juni, Juli und während der ersten Hälfte des August 1918 haben das ganze Kluftsystem durchgespült; die Härte ist herabgesunken bis 24°. Während einer Woche ohne Niederschläge (der 12.) konnte dann fast alles Spaltwasser abfliessen. In der 13. und 14. Woche fiel Regen, aber nur wenig. Da das ganze Plateau bewaldet ist, verspürt man nur eine sehr kleine Steigung der Ergiebigkeit, aber doch sieht man, dass die Härte stark ansteigt, um bald darauf zu fallen. Während der 15. Woche fiel mehr Regen, die Kurve der Ergiebigkeit stieg rasch, aber mit ihr die Kurve der Härte und zwar bis auf 32°, um sofort herabzusinken auf 29°. Ein zweites Mal kann man das gleiche konstatieren. In der 27. Woche nimmt der Ertrag der Quelle zu, mit ihm auch die Härte, um rasch darauf zu fallen auf 27°. Setzen dann die ergiebigen Niederschläge im Dezember und Januar ein, da folgt ganz nach der Regel ein Herabsinken des Härtegrades. Auch während den späteren Wochen kann man die gleichen Erscheinungen konstatieren. Fassen wir jetzt die Temperaturkurve der Stampfelbachquelle Nr. 21 ins Auge; auch hier können wir etwas Aehnliches konstatieren: setzen nach einer Woche ohne Niederschläge diese wieder ein, so steigt die Temperatur sofort ein wenig, um ebenso bald auf ihren früheren Stand herabzusinken (14., 15., 26., 27. Woche). Folgen jetzt zwei Wochen ergiebiger Niederschläge, so findet keine Steigerung statt. Während der ergiebigen Niederschläge im Dezember und Januar findet aber ganz nach der Regel ein Herabsinken der Temperatur statt. Jetzt will ich versuchen, eine Erklärung dieser beobachteten Tatsachen zu geben. Die Geiss-

berg- und höheren Schichten sind, wie bereits mehrmals betont, stark zerklüftet. Der unterste Teil dieses Kluftsystems kann aufgefasst werden als ein kompliziertes Reservoir, das erst überfliesst, wenn das darin befindliche Sickerwasser eine gewisse Höhe erreicht hat. Bei einem Nachfliessen von Sickerwasser nach Regen muss das neu hinzukommende Wasser das bereits vorhandene erst verdrängen. Die Quellen werden also dann zuerst durch dieses verdrängte Wasser gespeist und erst, wenn die Niederschläge anhalten, durch das Sickerwasser direkt. Schematisch ist das dargestellt in Skizze 9[1] welche als einfachster Fall einer solchen Quelle in Bezug auf die hydrologischen Vorgänge dieses Kluftsystems aufgefasst werden kann. Einen vermehrten Druck in C verspürt man sofort in D. Das hervortretende Wasser ist aber nicht sofort das Wasser aus C, das kommt erst später. Das gleiche zeigt sich nun hier bei der Quelle. Bei stärkeren Niederschlägen füllt sich das Kluftsystem in den Geissbergschichten. Der vermehrte Druck in C lässt das Wasser zwischen C und D zuerst abfliessen. Das Wasser war aber längere Zeit in Berührung mit dem Kalk, konnte also mehr davon auflösen und höhere Temperatur annehmen. Es fliesst jetzt zuerst ab, daher zeigt die Quelle anfänglich eine höhere Temperatur und eine grössere Härte. Persistieren aber die Niederschläge, fliesst das ursprünglich im Raum CD befindliche Wasser aus und dieser füllt sich mit dem neu eingesickerten Regenwasser. Ein neuer, stärkerer Regenguss treibt nun dieses Wasser zur Quelle bevor es Zeit hatte, höhere Temperatur anzunehmen oder mehr Kalk zu lösen. Im Frühjahr zeigt sich das Umgekehrte. Setzen jetzt die wärmeren Regengüsse ein, wird erst das kältere angesammelte Wasser herausgedrängt. Die Temperatur und Härte müssen erst dementsprechend etwas fallen, um bald nachher wieder anzusteigen. Nachdem z. B. in der 40., 44. und 48. Woche (März, April 1919) nach einer niederschlagsfreien Woche (39.) Regengüsse einsetzten, fiel die Temperatur, um erst zwei Wochen nachher zu steigen. Die Härtekurve verhält sich ganz analog (siehe Kurve).

(Siehe weiter F. Schlussfolgerungen, Punkt 2.)

Tafel IV. Lochgrabenquelle Nr. 5.

Die Schwankungen in der Ergiebigkeit dieser Quelle sind nicht so gross wie bei der Stampfelbachquelle Nr. 21. Das ist die Folge des Vorhandenseins einer Ueberflussquelle. Im

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

grossen ganzen ist aber das Verhalten ganz ähnlich, nur im Dezember 1918 (29. und 30. Woche) und im Februar, März 1919 (40. und 41. Woche) ist die Kurve nicht zugespitzt, sondern bleibt eine Woche lang gleich hoch. Es ist nicht möglich, die Quelle zu kontrollieren, wo sie an der Basis der Geissbergschichten austritt. Das Wasser fliesst vorher durch eine Schuttanhäufung und vermischt sich mit dem darin sich ansammelnden Wasser. Diese Schuttmasse hat sich während Dezember 1918, Februar 1919 allmählich mit Wasser gefüllt, auch oberhalb des Niveaus, wo die Quelle schliesslich zutage tritt. Dieses Wasser muss erst abfliessen. Die Kurve der Totalhärte gibt die Bestätigung dafür, sie fällt während dieser Woche; das weichere Regenwasser vermischt sich mit dem Quellwasser. Steigt und fällt anfänglich die Ergiebigkeitskurve der Lochgrabenquelle immer in der gleichen Woche mit der Kurve der Stampfelbachquelle nach den Niederschlägen in der 28. und 29. Woche (während welcher Zeit sich die ganze Schuttanhäufung mit Wasser füllt), so sieht man hingegen nach einer fast niederschlagsfreien Woche (35. Woche) beim Wiedereinsetzen der Regengüsse (36. Woche) die Kurve der Lochgrabenquelle schon eine Woche früher als die Kurve des Stampfelbaches in die Höhe steigen; und nachdem sie ihren Höhepunkt erreicht hat, eine Woche lang auf dieser Höhe verharren. Die Schuttanhäufung hat sich nicht so schnell entleert wie das Kluftsystem bei der Stampfelbachquelle.

Für die Stampfelbach- und Lochgrabenquelle kann noch auf einen anderen Umstand hingewiesen werden. Nicht allein die gewöhnlich durch den Regenmesser kontrollierten Niederschläge beeinflussen die Ergiebigkeit der Quellen, sondern auch ganz lokal vor sich gehende Kondensationen. Deutlich geht das hervor aus den Kurven dieser beiden Quellen in der 28. Woche (November 1918). Die Niederschlagsmengen in der 24., 25., 26. und 27. Woche sind nicht so gross wie die in der 13. und 16. Woche (September, Oktober 1918). In der 21., 22. und 23. Woche fiel fast kein Regen, trotzdem steigt die Ergiebigkeit der beiden Quellen in der 28. Woche viel stärker als vorher im September oder Oktober.

Am 7. Dezember 1918 konnte ich folgendes konstatieren. Morgens um 9 Uhr war die Temperatur 2° C. Eine halbe Stunde nachher kam ein dichter Nebel aus W über den Geissberg gezogen. Die Lufttemperatur stieg plötzlich um 1° C. Die Bäume und der Boden kondensierten den Wasserdampf der Luft so stark, dass es im Wald förmlich regnete. Wäh-

rend einer ganzen Woche wiederholte sich diese Erscheinung immer am Vormittag. Dass die Kondensation so lokal und unmittelbar an der Oberfläche auf diese Weise ein wichtiger Faktor sein kann für die Vermehrung des Quellenertrages hier wie für analog gelegene Gebiete ist also festgestellt. (In der Tabelle Nr. 1 ist die relative Feuchtigkeit angegeben.)

(Siehe weiter F. Schlussfolgerungen, Punkt 15.)

Schliesslich sei noch darauf hingewiesen, dass die Lochgrabenquelle in den Sommermonaten nicht so stark auf die Niederschlagsmengen reagiert wie in regenreicheren Monaten. Sehr anschaulich zeigt sich das in der Kurve (14. und 16. Woche, noch besser im Mai, Juni und Juli 1919). Die in der Schuttanhäufung angesammelten Wassermengen bilden in den regenreicheren Zeiten eine Art Reservoir. Ist im Sommer das Reservoir fast ganz entleert, so verschwindet ein Teil des Wassers der Quelle vom Geissbergplateau in der Schutthalde. (F. Schlussfolgerungen, Punkt 4.)

Tafel V und VI. Die Kurven der Schwankungen des Grundwasserspiegels in Stilli und die des Niveaus der Aare.

Diese wurden in Zentimeter auf der Pegelvorrichtung jede Woche abgelesen und diese Schwankungen ähnlich denen der Quellen graphisch dargestellt. Die Kurve der Aare zeigt uns, dass nicht allein die Niederschläge im engeren Geissberggebiet die Höhe des Wasserspiegels beeinflussen. Während im Mai und Juni 1919 die Niederschläge sehr gering sind, liegt die Kurve im allgemeinen viel höher als nach der regenreichen Zeit im Dezember 1918. Im August und September 1918 ist das Niveau der Aare niedriger als im August 1919. Erst sehr spät waren 1919 die Folgen der Schneeschmelze zu verspüren. Ganz ohne Einfluss sind die im Gebiet des Geissberges fallenden Niederschläge nicht, das zeigt anschaulich die Kurve der Aare vor dem Eintritt der Schneeschmelze. Am deutlichsten ist das zu sehen an der Kurve der Aare im Dezember 1918 bis Januar 1919.

Die Kurve der Grundwasserschwankungen der Pumpstation in Stilli ist derjenigen der Aare sehr ähnlich. Maxima und Minima treten beim Grundwasser aber später auf als beim Fluss. Der Fluss beeinflusst also jedenfalls den Grundwasserspiegel. Dieser Einfluss erweist sich als eine Stauwirkung. Die Härte des Grundwassers bei Stilli ist immer so viel höher als die des Aarewassers (auch Trockenrückstand und organi-

sche Substanz weisen darauf hin), dass ein anderer als ein stauender Einfluss ausgeschlossen ist.

Schon Soyka hat in seiner Arbeit: Die Schwankungen des Grundwassers (Literaturliste Nr. *22*) hervorgehoben, dass nicht immer nur die Niederschläge einen Masstab bilden für die Schwankungen, dass aber oft das Sättigungsdefizit im Verein mit den Niederschlägen den jeweiligen Grundwasserstand beeinflussen. Keilhack in seinem Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde, pag. 186, unterscheidet zwei Typen: 1. hohe absolute Menge des Niederschlages und geringes Sättigungsdefizit, die Jahresschwankungen des Grundwassers werden durch den Jahresverlauf des Niederschlages beherrscht (Beispiel München); *2.* geringe absolute Menge des Niederschlages, hohes Sättigungsdefizit, die Jahresschwankung des Grundwassers folgt der des Sättigungsdefizits (Beispiel Berlin). Ohne weiteres geht aus der Kurve hervor, dass es sich hier um den Typus 1 handelt (siehe Kurve): der höchste Grundwasserstand fällt in die *30.—34.* Woche (Schluss Dezember 1918, Januar 1919), das entsprechende Maximum der Niederschläge in die *28.—32.* Woche. Im Oktober und November 1918 ist ein Minimum der Niederschläge zu beobachten, dem die Depression der Grundwasserkurve ca. zwei Wochen später entspricht. Wird also einerseits die Kurve des Grundwassers beeinflusst von den Niederschlägen, so kommt anderseits die stauende Wirkung des Aarewassers darin auffällig zum Ausdruck.

Im allgemeinen wird der Einfluss des Flusswasserstandes auf die Schwankungen des Grundwasserstandes am grössten sein in der unmittelbarsten Nachbarschaft des Gerinnes; je weiter von demselben entfernt, desto mehr muss sich diese Wirkung verspäten und infolgedessen sich auch abschwächen. Die Kurven der Grundwasserschwankungen und des Flusswasserstandes sind deswegen einander sehr ähnlich. Im September, Oktober und November 1918 zeigt sich fast keine Verspätung. In der gleichen Woche, in der die Aare etwas ansteigt, steigt auch der Grundwasserspiegel. Vom Dezember 1918 bis August 1919 beträgt die Verspätung immer eine Woche. Im Dezember 1918 fallen reichlich Niederschläge. Sie sind die Ursache, dass eine Woche nachdem die Aare ihren höchsten Wasserstand erreicht hat, das Grundwasser bis zu seiner Maximalhöhe ansteigt. Zum Verständnis dieser Beziehungen muss darauf hingewiesen werden, dass die Aare nicht mehr ein natürlich abfliessender Strom ist. Der Bau des Elektrizitätswerkes in der Beznau hat den Fluss 2 m gestaut und die gestaute

Strecke reicht bis oberhalb der Brücke von Stilli. Daher liegt der Grundwasserspiegel daselbst meistens tiefer als das Aareniveau. Nur ausnahmsweise und vorübergehend steht er höher (32., 33. und 48. Woche). (F. Schlussfolgerungen, Punkt 6.)

Die Entstehung der oben erwähnten Verspätung muss man sich folgenderweise vorstellen:[1] Sei AB das Ausgangsniveau der Aare, BS der zugehörige Grundwasserstand, so wird, nachdem die Aare bis CD gestiegen ist, das Grundwasser den Raum BDS^1S ausfüllen müssen, damit wieder Gleichgewicht herrscht. Ist die Aare nur wenig gestiegen, d. h. ist der durch das Grundwasser zu füllende Raum BDS^1S nur klein, so wird es keine Woche brauchen, bis er gefüllt ist. Fällt die Aare wieder, ist auch das in BDS^1S angesammelte Wasser nach wenigen Tagen abgeflossen. Augenscheinlich ist die Schwankung SS^1 innerhalb des Grundwassers kleiner als die der zugehörigen Aarestände BD, was in der Kurve (13. Woche) zum Ausdruck kommt. Dass in der 15. Woche die Kurve des Grundwasserspiegels in viel stärkerem Masse steigt als in der 13. Woche, muss den in der 13., 14. und 15. Woche gefallenen Niederschlägen zugeschrieben werden. Etwas anders ist das Verhalten, wenn das Wasser der Aare stärker ansteigt und etwas längere Zeit dieses höhere Niveau beibehält. Jetzt muss ein grösserer Raum BFS^2S ausgefüllt werden, wozu , wie aus der Kurve des Grundwasserstandes in Stilli hervorgeht, mindestens eine Woche notwendig ist. Umgekehrt, fällt jetzt das Aareniveau, so muss eine grössere Menge Wasser abfliessen, bevor der Grundwasserspiegel der Pumpstation seine vorherige Lage wieder angenommen hat; auch dafür braucht es eine längere Zeit. Anschaulich geht das hervor aus der Kurve der Aare in der 28.—33. und der Kurve des Grundwasserspiegels in der 30.—34. Woche. Nun wird die Sache in der 31. Woche etwas komplizierter, weil gleichzeitig starke Niederschläge eintreten; die Kurve verdankt diesem Umstand ihren eigentümlichen Verlauf. Hat in der 31. Woche die Kurve fast die gleiche Höhe erreicht wie die der Aare, so fällt sie nicht entsprechend der Aarekurve, sie steigt im Gegenteil und bleibt fast zwei Wochen auf derselben Höhe. Erst zwei Wochen später, nachdem das Grundwasser zu fallen begonnen hat, ist sein Niveau wieder niedriger geworden als das Aareniveau. Wie wenig die Niederschläge sich übrigens bemerkbar machen und wie vorwiegend die Stauung der Aare

[1] Betreffend Skizze siehe Seite 26.

ihren Einfluss ausübt, geht aus dem weiteren Verlauf der Grundwasserkurve hervor. Die starken Niederschläge in der 44. Woche z. B. beeinflussen sie nicht, obschon in der 50.—54. Woche nur wenig Regen fällt, kann man einen Aufstieg vom Grund- und Aarewasser konstatieren. Der Wasserstand der Aare steigt im allgemeinen stark durch die eintretende Schneeschmelze und das gestaute Grundwasser folgt dieser Bewegung. Leider konnten nur noch an einem Punkt die Grundwasserschwankungen in der Niederterrasse konstatiert werden. E der Aare, in der Nähe der Station Siggenthal pumpt die dortige Zementfabrik Grundwasser für ihren Bedarf. Die Niederterrasse, der Grundwasserträger, liegt auch hier 15 m höher als in Stilli und das Grundwasser liegt tiefer unter ihrer Oberfläche. Wie aus der Tabelle hervorgeht, wurden vom 29. März 1919 bis 6. August 1919 wöchentlich Beobachtungen gemacht wie in Stilli. Konstruiert man die Kurve der Grundwasserschwankungen für Siggenthal, dann ist das Bild dem von Stilli sehr ähnlich. Die Kurve ist nur etwas mehr abgeflacht. Die Maxima (47. und 52. Woche) nicht so hoch, die Minima (49. und 54. Woche) nicht so tief. Die Minima treten eine Woche früher ein als in Stilli (49. Woche Siggenthal, 50. Woche Stilli; 54. bezw. 55. Woche); denn die Pumpstation in Siggenthal liegt weiter vom Aareufer entfernt als die in Stilli.

Die Schwankungen des Grundwasserspiegels der Sode in Rüfenach und «im Hasel» sind ganz verschieden von denen in Stilli und Siggenthal. In Rüfenach besteht der Hochterrassenschotter aus wechsellagernden, lehmigen und kiesigen Schichten; «im Hasel» fehlen erstere. Konstruiert man für die Niveauschwankungen des Grundwasserspiegels an diesen beiden Beobachtungspunkten die Kurven, dann zeigt uns die Grundwasserkurve im Hasel, dass hier nur die Niederschläge die Schwankungen beeinflussen. Kann man von der 37. bis zur 49. Woche noch eine gewisse Aehnlichkeit auffinden zwischen dieser Kurve und der von Stilli, nach der 51. Woche hört alle Aehnlichkeit auf. Die Niederschläge in der 50.—55. Woche sind sehr gering, der Grundwasserspiegel fällt im Hasel sehr schnell, während das Grundwasser in Stilli, gestaut durch die stark geschwollene Aare (Schneeschmelze) bedeutend steigt. Der Grundwasserspiegel im Hasel fällt vom 17. Mai bis 6. August 1919 von 4,32—9,10 m, also um 4,78 m, derjenige in Stilli dagegen steigt um mehrere Dezimeter.

Die Kurve der Grundwasserschwankungen in Rüfenach zeigt uns wieder ein ganz anderes Bild. Wie schon früher

betont, dringt das Regenwasser hier nicht so tief in den Boden und fliesst als Grundwasser auf lehmigen Schichten ab (Beschreibung der Quellen, Seite 34). Noch deutlicher als im Hasel erkennt man hier den Einfluss der Niederschläge. Die Maxima stellen sich um eine Woche früher ein wie im Hasel (41., 49. Woche), ebenso die Minima (44. und 48. Woche). Dass das Grundwasser in Rüfenach nicht von der Aare beeinflusst wird, geht ebenso wie im Hasel hervor aus der Kurve (nach der 51. Woche). Auch hier stellt sich eine fortdauernde Senkung ein, nur nicht so schnell und viel weniger tief wie im Hasel (das Grundwasser in Stilli und Siggenthal steigt während des gleichen Zeitabschnittes immer an, gestaut durch das durch die Schneeschmelze stark gestiegene Aarewasser). Leider sind die vier Stellen, wo die Schwankungen des Grundwasserspiegels regelmässig beobachtet werden konnten, nicht ohne weiteres verwendbar, um uns ein Bild zu machen, wie das Grundwasserniveau in der Niederterrasse verläuft. In der 51. Woche beginnt es in beiden Stationen zu fallen, aber in sehr verschiedener Weise: Im Hasel innerhalb neun Wochen von 4,32 auf 9,10 m unter die Oberfläche (da der Schacht nicht tiefer ist, kann die Senkung nicht weiter verfolgt werden), während in der gleichen Zeit in Rüfenach das Grundwasser nur um 0,20 m fällt (0,54 auf 0,74 m): Einfluss der lehmigen Zwischenschichten in der Hochterrasse. (F. Schlussfolgerungen, Punkt 11.)

Nachdem jetzt die Ergiebigkeit (resp. die Grundwasserschwankungen) der vier Haupttypen eingehend besprochen wurden, unter Berücksichtigung der Bewegung des Grundwassers in Siggental, im Hasel und in Rüfenach, können hier auch die Erträge von einigen andern Quellen des Gebietes zum Vergleich herangezogen werden. Die Quelle Nr. 2 (Trinkwasserversorgung Remigen), eine Schuttquelle, wurde eingehender beobachtet. 32 wöchentliche Beobachtungen liegen hier vor (52mal wurden die vier Haupttypen beobachtet). Eine Kurve[1] für jene muss also einige Lücken aufweisen: das Gesamtbild jedoch gibt uns eine Vorstellung vom Verhalten der Quelle. Es ist aber sehr verschieden von dem der Stampfelbachquelle Nr. 21 (eine Spaltenquelle), oder von dem der Lochgrabenquelle Nr. 5 (eine zuletzt durch Schutt fliessende Schichten-

[1] Die Kurve wurde gezeichnet aber nicht gedruckt. Siehe weiter Fussnote S. 52.

quelle). Grosse Maxima und Minima sind nicht zu konstatieren. Die Kurve verläuft sehr regelmässig; kleinere Niederschläge, oder ein rascher Wechsel von Perioden mit und ohne Regen beeinflussen die Kurve nur sehr wenig. Von der 11. bis 27. Woche (August—November 1918) sind die Schwankungen sehr gering (von 72—150 Minutenliter). Wochen ohne Niederschläge, die die Kurve der Stampfelbachquelle stark herabdrücken, sind hier fast nicht zu bemerken. Erst als im November 1918 ziemlich regelmässig ergiebige Niederschläge einsetzten, und im Dezember 1918 stärkere Regenmengen fielen, stieg der Ertrag der Quelle Nr. 2 langsam an, um in der 31. Woche (28. Dezember 1918) ein Maximum zu erreichen. Langsam senkt sich die Kurve bis zu einem Minimum im Februar 1919 (36. Woche), das aber nicht so tief liegt, wie das Minimum in der 27. Woche als das Ansteigen begann. Die Regenmengen im März und April 1919 rufen ein Aufsteigen der Kurve hervor, bis in der 47. Woche (April 1919) wiederum ein Maximum erreicht wird, höher als das in der 31. Woche (Dezember 1918). Die sehr geringen Niederschläge im Mai und Juni 1919 (49. bis 55. Woche) bedingen ein Fallen bis auf dieselbe Höhe (in der 55. Woche) wie in den Monaten September und Oktober 1918. Im allgemeinen kann man also sagen: vereinzelte Niederschläge beeinflussen eine tiefliegende Schuttquelle nicht, erst nasse oder trockene Perioden, die längere Zeit andauern.

Führen wir nun für zwei Quellen Nr. 9 und Nr. 17, die wenigstens teilweise ihr Wasser vom Geissbergplateau beziehen, die Kurven[1] aus, so ergibt ein Vergleich mit der der Stampfelbachquelle Nr. 21 (die ihr Wasser ausschliesslich vom Plateau erhält) folgendes: Im allgemeinen sind die drei Kurven einander sehr ähnlich. Anfänglich von der 15. bis der 36. Woche fallen Maxima und Minima in den Kurven zeitlich zusammen. Bei allen drei Quellen treten Maxima mit wöchentlicher Verspätung auf (15., 20., 26. Woche). Hat der Ertrag schon eine bestimmte Höhe erreicht, dann fällt das Maximum in die gleiche Woche wie das der Niederschläge (achtzehnte Woche). Die Minima der drei Quellen fallen immer in die gleiche Woche (in der 15. Woche ist das für die Quelle Nr. 9 an der Riethalde wegen einer Lücke, 7. September 1918, nicht zu konstatieren). Sobald aber im November und Dezember reichlichere Niederschläge mehrere Wochen hintereinander einsetzen, so ändert sich das Bild der Kurven von Nr. 9

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

und Nr. 17 einigermassen. Während in der 27., 28. und 29. Woche Maxima und Minima der drei Quellen noch parallel gehen, fallen in der 30. Woche die Kurven dieser beiden Quellen nicht wie die Kurve der Stampfelbachquelle Nr. 21, sondern sie steigen weiter. In der 31. Woche zeigen alle drei wiederum ein Minimum, in der 32. Woche ein Maximum im Ertrage. Die gleiche Erscheinung ist in der 41. und 42. Woche zu konstatieren. Nach der 41. Woche fällt die Kurve der Stampfelbachquelle, die der Riethalden- und Meierhofquelle verläuft eine Woche lang horizontal. Die Kurven zeigen jetzt eine grosse Aehnlichkeit mit der der Lochgrabenquelle Nr. 5. Die Erklärung wurde schon gegeben bei der Beschreibung der Kurve der Lochgrabenquelle Seite 56. Die Schuttmasse, durch welche die Quellen Nr. 5, 9, 17 fliessen, spielt hier die Rolle eines Reservoirs. Nicht allein die Wassermenge vom Geissbergplateau, die durch den Schutt abfliesst, bestimmt die Ergiebigkeit dieser drei Quellen, auch die auf die Schutthalde selbst fallenden Niederschläge beeinflussen sie. Am wenigsten verspürt man das bei der Quelle Nr. 5, da sie fast an der Oberkante des Schuttes austritt, im Gegensatz zu den Quellen Nr. 9 und Nr. 17, die am Fusse der Schutthalde entspringen; am deutlichsten zeigt sich das bei der Quelle Nr. 9 (grössere räumliche Ausdehnung der Schuttmasse), weniger ausgeprägt bei Nr. 17. Im allgemeinen lässt sich also feststellen: zuletzt durch Schutt fliessende Schichtquellen zeigen in regenreicheren Zeiten in ihrem Ertrag zwei Maxima kurz hintereinander.

Die für die drei Quellen Nr. 26, 27 und 28, analog denen der vier Haupttypen gezeichneten Kurven würde uns folgendes zeigen.[1] Wie schon bei der Beschreibung der Quellen hervorgehoben, treten sie entweder wie Nr. 26 am Fusse eines Schuttkegels eines Seitenbaches, oder auf dem Schuttkegel selbst aus (Nr. 27 und 28). Auch hier ist die Aehnlichkeit der Ergiebigkeitskurven auffallend gross. Maxima und Minima fallen hier immer in die gleiche Woche. Nur das Versiegen findet nicht immer in der gleichen Woche statt. Auch hier kann man wiederum konstatieren, dass das Maximum ein oder zwei Wochen nach reicheren Niederschlägen sich einstellt. Hat aber der Ertrag schon eine bestimmte Höhe erreicht, fällt bei weiterhin auftretenden Niederschlägen das Maximum in die gleiche Woche. Unterschiede in den Kurven sind auch bedingt durch die Austrittstellen der Quellen. Die Quelle Nr. 28 liegt höher auf dem Schuttkegel als

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

die beiden andern. Die Niederschläge, die in den jetzt trockenen Seitentälchen fallen, beeinflussen die Quelle bald und stark, aber das Wasser fliesst schnell in die tieferen Teile des Schuttkegels ab und sie versiegt. Die Quelle schwillt, nachdem sie in den Sommermonaten vollständig versiegt war, im Oktober, nachdem sich in der 17. bis 21. Woche Niederschläge eingestellt hatten, rasch an, hört aber mit diesen bald auf. Ihre Dauer beschränkt sich auf 2 oder 3 Wochen. Die beiden andern Quellen Nr. 26 und 27 zeigen anfänglich ein viel kleineres Maximum, sie versiegen aber nicht so bald (17.—23. Woche). In den Wintermonaten, Dezember 1918 bis Januar 1919 (26. bis 33. Woche), nach mehreren Wochen andauernder stärkerer Niederschläge ist das Verhalten einigermassen verschieden. Die Maxima fallen in dieselbe Woche wie das Maximum der Niederschläge, und sie differieren dann bei den drei Quellen überhaupt wenig. Der ganze Schuttkegel ist während Winter und Frühling mit Wasser gefüllt. Infolge der niedrigen Temperatur und der Ruhe der Vegetation ist die Verdunstung nicht so gross. In dieser Zeit sickert von fallenden Niederschlägen mehr ein als im Sommer und Herbst. Nur die Kurve der Quelle Nr. 26 «Im Schwaller» ist im Verlauf verschieden von denen der beiden andern. Sie verläuft eine Woche horizontal und sinkt dann weniger tief als die Kurve der Quelle Nr. 27. Wie bei der Beschreibung der Quelle Nr. 26 (Seite 42) und der Flüsschen (Seite 47) schon hervorgehoben wurde, wird sie nicht allein gespeist von den auf den Schuttkegel fallenden Niederschlägen, sondern durch sie fliesst ein Teil des versickernden Meistelmattbaches ab. Das zeigt sich in der Kurve noch deutlicher im Frühjahr (April und Mai 1919); nachdem im März und April mehrere Wochen lang reichliche Niederschläge gefallen sind. Die Kurve der Quelle Nr. 26 erreicht ein noch grösseres Maximum als Quelle Nr. 28. Sobald die Niederschläge kleiner werden (50.—54. Woche), gehen die Quellen schnell zurück, um in der 53. Woche zu versiegen.

b) Verhältnis zwischen *Lufttemperatur* und *Niederschlägen* einerseits und *Temperatur der Quellen* (resp. des Grundwassers und der Flüsse) andererseits.

Tafel III. Temperaturkurve der Stampfelbachquelle Nr. 21.

Die wöchentlichen Lufttemperaturen haben nur sehr wenig Einfluss auf die Temperatur der Stampfelbachquelle Nr. 21. Nur die Jahreszeiten beeinflussen Gestalt und Verlauf ihrer

Temperaturkurve. Von der 10.—27. Woche (August bis Dezember 1918) bleibt die Temperatur immer gleich hoch, 9,2° C. Nur bei stärkeren Niederschlägen steigt sie um $^{2}/_{10}$°, um bald darauf ihre vorherige Höhe wieder einzunehmen. Die Erklärung habe ich schon auf Seite 55 gegeben. Erst im Dezember, wenn die Lufttemperatur, die im August 1918 ungefähr gleich war wie die Temperatur der Quelle, unter den Nullpunkt gesunken ist, sinkt die Temperatur der Quelle während dieses Monats um $^{4}/_{10}$° C. Das Fallen der Lufttemperatur bei gleichzeitigen Niederschlägen im Dezember 1918 verursachen die Abkühlung der Quelle. Die tiefen Lufttemperaturen im Januar und Februar 1919 beeinflussen die Temperatur der Quelle nicht. Das Sinken der Quellentemperatur in der 46. Woche (April 1919) hängt offenbar zusammen mit den ergiebigen Niederschlägen während der 43. und 44. Woche, welche die während dieser Woche herrschende Lufttemperatur von 2° C direkt auf die Quelle übertragen. Das merkwürdige, allmähliche Ansteigen der Quelltemperatur vom Mai 1919 an bis Ende der Beobachtungsperiode hängt dagegen mit der von Anfang Mai (48. Woche) rasch und hoch ansteigenden Lufttemperatur, sowie mit den in der 48. Woche noch ziemlich kräftigen Niederschlägen zusammen, sondern auch mit dem direkten Eindringen der Sonnenwärme in den Boden des noch wenig belaubten Waldes (verspäteter Frühling 1919).

(F. Schlussfolgerungen, Punkt 3.)

Tafel IV. Temperaturkurve der Lochgrabenquelle Nr. 5.

Die Kurve zeigt uns ein von der Stampfelbachquelle sehr verschiedenes Bild. Wie schon früher hervorgehoben, fliesst das vom Geissbergplateau stammende Wasser an der Basis der Geissbergschichten, dann durch eine Schuttanhäufung, um erst tiefer zutage zu treten. Dementsprechend ist das Wasser vielmehr dem Einfluss der Lufttemperatur unterworfen als das der Stampfelbachquelle. Die Aehnlichkeit der Kurven der Luft- und der Quelltemperatur ist daher eine ziemlich grosse. Maximum und Minimum der Lufttemperatur finden sich wieder bei der Kurve der Quelltemperatur, gewöhnlich mit einer Woche Verspätung. Aber auch hier wirkt die Lufttemperatur, besonders bei gleichzeitigen Niederschlägen auf die Quelltemperatur ein. So findet z. B. sich ein Temperaturmaximum für die Luft (12. Woche), dem eine Woche ein später ausgesprochenes Maximum der Quelle entspricht. Offenbar übertragen die in der 12. Woche einsetzenden Niederschläge die Temperatur der

Bodenoberfläche auf die Quelle, die ein durch diese Niederschläge verursachtes Maximum des Ertrages in der 16. Woche zeigt. Umgekehrt (im März und April 1919) verursachen die kalten Niederschläge den Temperaturfall der Quelle. Während August und September 1918 liegt die Temperatur der Lochgrabenquelle um 3° C höher als die der Stampfelbachquelle. Die Schuttanhäufung ist in diesen Monaten der Sonnenbestrahlung stark ausgesetzt, trotzdem bleibt die Temperatur des Wassers 8° unter der Lufttemperatur. Im Oktober 1918, nachdem die Lufttemperatur herabgesunken ist auf 9° C, ist die Temperatur der Quelle gleich hoch. Bis Januar 1919 bleibt diese Temperatur mit kleineren Schwankungen bestehen, um nachher mit der Kurve der Lufttemperatur zu fallen und rasch zu steigen. Anfangs Mai 1919 steigt die Temperatur wieder und erreicht eine grössere Höhe als die Stampfelbachquelle. Auch hier hat schon im Juni 1919 die Quelltemperatur die gleiche Höhe wie im August 1918 erreicht (siehe Erklärung bei der Stampfelbach-Temperaturkurve).

Tafel V. Kurve der Temperatur des Grundwassers bei Stilli Nr. 14.

Noch gleichmässiger als die Kurve der Stampfelbachquelle Nr. 21 verläuft die Kurve der Temperatur des Grundwassers. Vom August 1918 bis Februar 1919 schwanken die Temperaturen zwischen 10° C und 10,2° C; fast immer ist die Temperatur 10,2° C. Nur bei ergiebigen Niederschlägen, z. B. im Dezember 1918, fällt die Temperatur auf 10° C. Am 8. Februar 1919 setzt ein Fallen der Temperatur bis 9,7° C. ein, das bis 5. April andauert. Von diesem Tag an steigt die Temperatur wieder schnell bis 10,1° C. Am 28. Mai ist die frühere Temperatur von 10,2° C wieder erreicht und sie steigt weiter, bis sie am 2. Juli 1919 die Höhe von 10,8° C, also 0,6° C mehr als im August 1918, erreicht hat. Auch hier setzt also im Februar, nachdem die Lufttemperatur einige Wochen bis unter den Nullpunkt herabgesunken ist, eine Depression ein von schliesslich 0,3° C. Dem schnellen Anstieg der Lufttemperatur im Mai folgt stark abgeschwächt und mit zwei Wochen Verspätung die Kurve der Grundwassertemperatur. Wie zu erwarten war, beeinflussen die Niederschläge die Temperatur des Grundwassers nicht oder nur sehr wenig. Das langsam einsickernde Wasser nimmt sofort die Temperatur des Bodens an. Diese wird in einer Tiefe von 8 m nur wenig und mit Verspätung (im Winter fast zwei Monate) von der Lufttemperatur beeinflusst.

Tafel 4. Temperaturkurve des Aarewassers.

Diese Kurve zeigt uns, wie das oberflächlich abfliessende Wasser fast ebenso stark schwankt wie die Lufttemperatur und dieser im allgemeinen folgt. Ueber Ausnahmen wird unmittelbar nachher berichtet werden. Am 8. Februar 1919 wurde das Minimum von 2° C, am 16. September 1919 das Maximum von 20° C konstatiert; also ein Unterschied von 18° C (die analogen Schwankungen des Grundwassers bei Stilli betragen 9,7° C bis 10,8° C, also nur 1,1° C), wiederum ein Beweis, dass das Wasser der Aare nur einen stauenden Einfluss auf das Grundwasser ausübt, sich aber nicht mit ihm mischt (F. Schlussfolgerungen, Punkt 9). Zeigen schon die Schwankungen des Aarespiegels, dass sie nicht allein durch die lokalen Niederschläge beeinflusst werden; so ist ähnliches zu konstatieren in Bezug auf das Verhältnis zwischen der Temperatur des Aarewassers und der der Luft. Mitte Januar 1919 hat die Temperatur der Aare ihren niedrigsten Stand erreicht, nämlich 2° C. Als im Februar die Lufttemperatur ihr absolutes Minimum erreicht hatte, war die Temperatur der Aare schon wiederum um 2° C gestiegen. Nur wenn das Niveau der Aare sehr niedrig ist, beeinflusst die Lufttemperatur im Gebiet selber die Temperatur der Aare und dann treten Maxima und Minima für sie meistens eine Woche nach denjenigen der Lufttemperatur ein. Merkwürdig ist ferner das Steigen der Temperaturkurve in den Monaten April, Mai und Juni 1919. Die Schneeschmelze, die einen so starken Einfluss ausübt auf die Niveauschwankungen, beeinflusst die Aaretemperatur nicht. Hängt das vielleicht zusammen mit der Stelle der Temperaturmessungen im Fluss? Merkwürdig ist auch die Tatsache, dass vom September 1918 bis Mai 1919 die Wassertemperatur immer höher ist als die Lufttemperatur. Nur während zwei Wochen im März 1919 und zwei Wochen im Mai liegt sie etwas tiefer. Die Erklärung ist höchst wahrscheinlich darin zu suchen, dass die Aare teilweise gespeisst wird vom warmen Grundwasser (F. Schlussfolgerungen, Punkt 8). Liegt das Niveau der Aare tief, so ist der Zufluss vom Grundwasser viel stärker gegenüber dem Oberflächenwasser, als bei hohem Aarestand. Das Wasser der Aare muss dann eine Temperatur besitzen ungefähr so gross wie des zufliessenden Grundwassers. Sobald das Niveau der Aare steigt, z. B. infolge der Schneeschmelze oder winterlichen Regenperioden, ist dieses Verhältnis umgekehrt. Die Temperatur des Aarewassers muss fallen: die Temperaturkurve zeigt uns das sehr deutlich. Von

der 22.—25. Woche ist das Niveau der Aare tief, die Temperatur hoch. Von der 28.—32. Woche ist die Aare stark angeschwollen, die Kurve der Temperatur fällt stark, um sofort, wenn das Niveau sinkt, wiederum zu steigen. Während der übrigen Sommermonate liegt die Temperatur tiefer als die Lufttemperatur, aber nur wenig und nur wenn die Kurve der Lufttemperatur 1 oder 2 Wochen dauernde grössere Maxima zeigt. Tritt kühlere Witterung ein, dann folgt die Aare nicht oder wenig und die Temperatur bleibt, wie im Winter, höher. Auch muss noch darauf hingewiesen werden, dass die Aaretemperatur im Juni und Juli 1919 nicht so hoch gestiegen ist wie im August 1918; während das Grundwasser in Stilli und die Stampfelbachquelle schon im Juni 1919 eine höhere Temperatur erreicht hatten als im August 1918. Die Schneeschmelze trat 1919 erst sehr spät ein und war erst Ende Mai zu verspüren; so erklärt sich vielleicht diese Tatsache.

Wie zu erwarten ist, sind die Schwankungen der Temperatur des Grundwassers in Siggenthal (Nr. 15) und «im Hasel» (Nr. 7) denen des Grundwassers in Stilli sehr ähnlich (siehe die Kurven[1]). Nur verlaufen in Siggenthal die Schwankungen gleichmässiger; Maxima und Minima treten eine Woche später ein als in Stilli. Auch ist dort die Temperatur immer um ungefähr 1° C höher, welche Tatsache durch die Situation erklärt werden kann. Die Pumpstation in Siggenthal ist weiter vom Ufer der Aare entfernt und die Niederterrasse liegt 15 m höher als in Stilli. Der Grundwasserspiegel liegt in Siggenthal ca. 24 m unter der Oberfläche der Niederterrasse, in Stilli nur ca. 8 m; es macht sich offenbar bereits die Einwirkung der geothermischen Tiefenstufe geltend. «Im Hasel» ist die Temperatur des Grundwassers in den Monaten Februar und März, während welchen es 4,8—5,3 m unter der Oberfläche der dortigen Hochterrasse steht, etwas höher. Deutlich ist hier der Einfluss der Lufttemperatur zu verspüren: während der 38.—41. Woche (Februar-März 1919) zeigt die Kurve derselben ein ziemlich starkes Maximum (vier Wochen mit einer Temperatur von mehr als 5° C). Sobald aber die Kurve der Lufttemperatur in der 42. und 44. Woche auf 2° sinkt, fällt auch die Temperaturkurve des Grundwassers stark und erreicht in der 45. Woche den tiefsten Stand von 9,2° C. Nachher, während der Monate April, Mai und Juni 1919 folgt ein Steigen der Kurve fast parallel mit derjenigen des Grundwassers in Stilli, aber merkwürdigerweise liegt jetzt die Kurve

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

niedriger als dort, während man das Gegenteil erwarten müsste. Die Kurve der Grundwasserschwankung im Hasel gibt uns die Erklärung: In dieser Periode sinkt der Grundwasserspiegel so rasch, dass die Erwärmung ihm nicht folgen kann und das Grundwasser zeigt deswegen nichts vom Ansteigen der Temperatur. Die Temperaturkurve des Grundwassers in Rüfenach ist sehr verschieden von denjenigen der andern Grundwasservorkommnisse. Das Grundwasser fliesst daselbst so wenig tief unter der Oberfläche der Hochterrasse (ungefähr 0,45 m), dass der Einfluss der Lufttemperatur sich stark fühlbar macht. Die Kurve zeigt uns dasselbe Bild wie die der Lufttemperatur. In der 37. Woche (Februar 1919), da diese ihren tiefsten Stand erreicht hat, —8° C, zeigt auch die Kurve des Grundwassers ein Minimum, 6,1° C. Beide Kurven steigen nun gleichzeitig, die des Grundwassers auch dann noch, nachdem in der 41. Woche die Lufttemperatur ein Maximum erreicht hat. Nach einer Woche fällt auch sie rasch, bis zu einem Minimum in der 43. Woche (eine Woche nach dem entsprechenden Minimum der Lufttemperatur). Das wiederholt sich auch später, nur in der 50. Woche fallen kleinere Maxima in die gleiche Woche. Ist schliesslich die Lufttemperatur bis auf 18° C gestiegen, so hat die Temperatur des Grundwassers eine Höhe von 12° C erreicht. Immerhin bleibt die interessante Tatsache, dass, als am 8. Februar das Grundwasser in Rüfenach 0,58 m und im Hasel 4,8 m unter der Oberfläche lag, die Temperaturen 6° C resp. 10° C betrugen. Im Hasel steht es im Kontakt mit viel tiefer gelegenem Grundwasser, daher die hohe Temperatur. In Rüfenach fliesst es auf einer wenig tief gelegenen Lehmschicht ab und verhält sich also wie Quellwasser.

Hier ist auch der Ort, die Temperaturen von einigen anderen Quellen[1] zum Vergleich heranzuziehen. Die Temperatur der Quelle Nr. 2 (Trinkwasserversorgung Remigen) verläuft ohne grosse Schwankungen sehr regelmässig. Die Lufttemperatur hat nur sehr wenig Einfluss, ihre wöchentlichen Schwankungen sind bei der Quelle nicht zu verspüren. Erheblichere Schwankungen machen sich erst mit starker Verzögerung bemerkbar: das absolute Minimum der Lufttemperatur in der 37. Woche (Februar 1919) erst acht Wochen später, ähnlich die Maxima (12. Woche, August 1918, resp. 22. Woche, November 1918). Nur wenn durch ergiebige Regenmengen die Quelle stark an-

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

geschwollen ist, kann man ein abnormales Fallen der Temperatur beobachten (31. und 41. Woche).

Betrachten wir jetzt die Temperaturkurven der vier Quellen Nr. 21 (Stampfelbach), Nr. 5 (Lochgraben), Nr. 9 (Riethalde) und Nr. 17 (Meierhof). Wie schon früher hervorgehoben, beziehen diese ihr Wasser vom Geissbergplateau. Nur fliesst das Wasser der Quellen Nr. 5, 9 und 17 durch Schutt und vermischt sich mit dem Wasser der darauf fallenden Niederschläge. Im allgemeinen kann man sagen: Während den Sommermonaten liegen die Kurven der Temperaturen von Nr. 5, 9 und 17 höher als die der Kurve von Nr. 21; während der Wintermonate liegen sie tiefer. Im Sommer und im Winter fällt die Kurve der Temperatur der Quellen 5, 9 und 17 sobald ergiebige Niederschläge einsetzen. Im Frühling findet das Umgekehrte statt, dann steigt die Kurve bei ergiebigen Regenmengen. Der Einfluss der Niederschläge ist bei Nr. 5, 9 und 17 sehr deutlich wahrnehmbar. Bei der Beschreibung der Temperaturkurve der Lochgrabenquelle ist diese Erscheinung schon erklärt. Es bleibt nur noch übrig, die sich zeigenden kleineren Differenzen der andern Quellen zu erklären. Die Kurven von Nr. 5, 9 und 17 sind einander insoweit ähnlich, dass beide fast gleichzeitig, im Herbst 1918 und Frühling 1919 (20. Woche, Oktober, und 47. Woche, April) die Kurve der Stampfelbachquelle Nr. 21 schneiden. Nur liegt die Kurve der Lochgrabenquelle Nr. 5 im Sommer höher, im Winter tiefer als die der Meierhofquelle Nr. 17. Auch sind die Schwankungen von Nr. 9 und Nr. 17 nicht so gross. Die Tatsache lässt sich gut aus der geologischen Situation erklären: Die Meierhofquelle Nr. 17 tritt am Fusse einer Schutthalde aus, die Lochgrabenquelle Nr. 5 bereits 50 m unterhalb dem Eintritt des Wassers in den Schutt. Die Kurve der Riethaldenquelle Nr. 9 zeigt uns ein ähnliches Bild wie die Quelle im Meierhof Nr. 17. Nur sind die Temperaturen während der Sommermonate ca. 0,5° C höher als bei dieser. Im Herbst 1918 fällt erst sechs Wochen später als bei der Quelle Nr. 17 die Temperaturkurve von Nr. 9 zusammen mit der von Nr. 21. Während der Wintermonate fallen die Kurven von Nr. 17 und Nr. 9 fast immer zusammen. Im Frühling schneidet die Kurve von Nr. 9 drei Wochen früher als die von Nr. 17 die Kurve von Nr. 21 (45. Woche, April 1919), um dann fast parallel, nur 0,5° C über der Quelle Nr. 17 zu verlaufen. Schon früher wurde hervorgehoben, dass die unbewaldete Riethalde fast den ganzen Tag stark der Insolation ausgesetzt ist; daher diese Differenzen.

Schliesslich können hier noch die Kurven der Temperatur der Quellen Nr. 26 «im Schwaller», Nr. 27 und Nr. 28 («im Appli») besprochen werden. Alle drei sind einander fast parallel. Wie zu erwarten war, ist hier der Einfluss der Lufttemperatur grösser. Im Winter liegen die drei Kurven etwas tiefer als bei den Quellen Nr. 5, 9 und 17; bei 26, 27 und 28 fliesst nur eingesickertes Regenwasser ab; bei 5, 9 und 17 dagegen Regenwasser, vermischt mit dem wärmeren Wasser vom Geissbergplateau her. Auch im Sommer liegen die Temperaturen von 26, 27 und 28 etwas höher: das Regenwasser sickert in den stark erwärmten Schutt ein und fliesst oberflächlich ab. Kleine Nuancen sind in den drei Kurven 26, 27 und 28 erkennbar. Die Kurve der Nr. 28 liegt im Dezember, Januar, Februar und März immer höher als die der Quellen 26 und 27. Das wenig tief eingesickerte und schnell durch die Quelle abgeführte Wasser hat keine Zeit, sich in den kalten Schichten abzukühlen. Die Quellen Nr. 27 und 26 fliesen am Fusse des Bachschuttkegels aus. Im Winter liegt die Temperatur von Nr. 26 etwas höher als die von 27, im April und Mai etwas tiefer. Nr. 26 wird zum Teil gespeist vom Wasser des versickerten Meistelmattbaches. Das tiefer in der Talsohle sich sammelnde Wasser hat eine höhere Temperatur. Im Frühjahr liegt die Kurve etwas tiefer; die wärmeren Niederschläge im April und Mai vermischen sich mit dem kalten Wasser der Talsohle.

c) Die *Härte* der Quellen (resp. des Grund- und Flusswassers).

Tafel III. Härtekurve der Stampfelbachquelle Nr. 21.

Aus der Härtekurve geht hervor, dass zwei Faktoren dieselbe beeinflussen. Mit dem langsamen jahreszeitlichen Fallen und Steigen der Temperaturkurve kann man ein Steigen und Fallen der Kurve der Härte beobachten. Während des Fallens und Steigens aber gibt es sekundäre Kulminationen und Depressionen, die nicht aus der Temperatur der Quellen erklärt werden können. Hier beeinflusst das Regenwasser die Kurve der Härte, aber auf zwei verschiedene Weisen: erstens mehr mechanisch durch *Verdrängen* des bereits im Boden befindlichen härteren Wassers und zweitens infolge *Verdünnung* durch dieses frischgefallene, weichere Wasser. Wie schon hervorgehoben bei der Beschreibung der Kurve der Stampfelbachquelle (Verhältnis zwischen Niederschläge und Ertrag der Quellen, Seite 52), steigen Temperatur und Härte anfänglich,

wenn nach einer niederschlagsfreien Woche ergiebige Regenmengen fallen. Die Maxima in der Kurve der Härte in der 13., 15., 26. und 27. Woche finden auf diese Weise ihre Erklärung. Aber auch die Minima in der 40., 44., 48. und 55. Woche sind auf gleiche Weise zu erklären; nur findet hier das Umgekehrte statt, da jetzt erst das kältere, also weniger harte Wasser ausgestossen wird. Nur wird hier die Senkung noch etwas ausgesprochener, da zu der verdrängenden Wirkung des Regenwassers noch die verdünnende kommt. Die übrigen Maxima und Minima lassen sich ausnahmslos so erklären, dass nach Wochen mit Niederschlägen oder nach längeren Niederschlagsperioden die Härte fällt. Betrachten wir z. B. die Härtekurve während der 27.—31. Woche: Die ergiebigen Niederschläge während dieser Wochen reduzieren die Härte von 31° auf 27°. Sobald die Niederschläge während der 32., 33. und 34. Woche nicht mehr so ausgiebig sind, steigt die Temperatur der Quelle und sofort wird auch die Härte wiederum grösser; umgekehrt fällt nach der 33. Woche die Temperaturkurve, so senkt sich auch die Kurve der Härte.

Tafel IV. Härtekurve der Lochgrabenquelle Nr. 5.

Dieselbe liegt, was die absolute Höhe anbelangt, tiefer als die der Stampfelbachquelle. Da die Lochgrabenquelle, wie früher erwähnt, ihr Wasser nicht nur vom Geissbergplateau, sondern auch von den nur wenig tief eingesickerten Niederschlägen auf die Schutthalde bezieht, muss das Wasser etwas weicher sein. Die beiden Kurven stimmen in Form und ihren Maxima und Minima so merkwürdig genau miteinander überein, dass kein Zweifel darüber bestehen kann, dass beide Quellen ihr Wasser vom gleichen Sammelgebiet (Geissbergplateau) bekommen. Die Härtekurve der Lochgrabenquelle würde, nur mit den Kurven der Quelltemperatur und der Niederschlagsmengen betrachtet, nicht durchweg verständlich sein. Nur ein Vergleich mit denen der Stampfelbachquelle Nr. 21 gibt uns Aufschluss. Während der 35.—39. Woche z. B. nimmt die Härte der Lochgrabenquelle zu, während in derselben Zeit die Temperaturkurve stark fällt. Die Ursache ist dieselbe wie bei der Stampfelbachquelle. Temperatur und Härte der Lochgrabenquelle gehören hier nicht zusammen. In der 35. und 43. Woche steigt die Härtekurve, aber die Zunahme ist lange nicht so stark wie bei der Stampfelbachquelle, da das hinzukommende Sickerwasser aus der Schutthalde die Härte herabsetzt.

Tafel V. Härtekurve des Grundwassers in Stilli.

Die konstatierten Schwankungen in der Härte des Grundwassers können nicht ausschliesslich mit Maxima und Minima in der Temperatur des Wassers in Verbindung gebracht werden. Die Temperaturkurve des Grundwassers verläuft sehr regelmässig, fast ohne wöchentliche Schwankungen. Nur die Jahreszeiten machen sich mit Verzögerung bemerkbar und mit dem langsamen Steigen und Fallen der Kurve der Temperatur steigt und fällt auch im allgemeinen die Kurve der Härte: z. B. bis November 1918 ist die Härte immer wenigstens 26°. Nach November fällt die Temperatur um 0,1—0,2° C. Die Kurve der Härte kommt nach grösseren Schwankungen immer wieder auf 25° Totalhärte zurück. Steigt anfangs Juni die Temperatur mit 0,4—0,8° C, so steigt die Härte im allgemeinen bis 27°. Viel mehr Teilmaxima und -Minima zeigt die Härtekurve, es müssen noch andere Faktoren als die Temperatur des Grundwassers hier von Einfluss sein. Einmal beeinflussen die Niederschläge die Härte. Wochen mit Niederschlägen verursachen entweder in der gleichen Woche oder eine Woche nachher ein Fallen der Härte, umgekehrt steigt die Kurve nach einer Woche ohne Niederschläge. Einige Unregelmässigkeiten können aber auf diese Weise nicht erklärt werden. Höchst wahrscheinlich müssen diese im Frühjahr, Februar, März 1919, vorkommenden Anomalien in der Härtekurve zusammenhängen mit der starken Stauung des Grundwassers durch die Aare, in der Weise, dass, vorher bei Stilli nicht bemerkbar bestehende Zuflüsse zum Grundwasser jetzt ihren Einfluss ausüben.

Tafel VI. Härtekurve der Aare.

Dass die Härte des Aarewassers nicht direkt beeinflusst wird durch seine Temperatur, geht sofort hervor aus einem Vergleich der beiden Kurven. Einem Maximum der Temperaturkurve des Aarewassers (August—September 1918) entspricht ein Minimum der Härtekurve. Umgekehrt verzeichnet die Temperaturkurve während der Herbst- und Wintermonate (November, Dezember 1918, Januar 1919) einen Tiefstand, die Härtekurve dagegen steht höher als im Sommer. Nach Januar 1919 setzt mit einer Steigerung der Temperaturkurve der Aare ein allmähliches Steigen der Härtekurve ein. Ende März 1919 hält das Steigen der Aaretemperatur an, ebenso das Fallen der Härtekurve, bis am Schluss des Juni 1919 die Härte wiederum so gross ist wie im August 1918; es müssen also andere Faktoren die Härtekurve der Aare beeinflussen. Die

Kurve der Niveauschwankungen gibt uns hier wiederum die Erklärung. Ist das Aareniveau hoch (Wirkung des nach Niederschlägen oberflächlich abgeflossenen Wassers), so ist die Härte gering (August und September 1918). Sobald die Aare aber einen niederen Wasserstand erreicht, steigt die Härtekurve, obwohl die Temperatur des Wassers fällt (Oktober und November 1918). Auch hier macht sich der Einfluss des Grundwassers bemerkbar wie bei der Temperatur (siehe Beschreibung der Temperaturkurve der Aare Seite 68): bei niederem Wasserstand fliesst der Aare viel Grundwasser zu, das einen viel höheren Härtegrad hat als das normale Flusswasser. Im Dezember 1918, sobald das Aareniveau steigt, zeigt die Härtekurve eine Depression, denn jetzt ist mehr Oberflächen- als Grundwasser im Aarebett. Sobald im Januar und Februar 1919 das Niveau fällt, steigt die Härtekurve; setzen dann aber grosse Niveauschwankungen infolge von Niederschlägen ein (39. und 46. Woche), so fällt die Härte. Beginnt dann die Aare infolge der Schneeschmelze (Mai 1919) stark anzuschwellen, fällt die Kurve der Härte allmählich zurück auf den Stand des Sommers 1918. Während die bisher betrachteten Härtekurven der Quellen Nr. 5 und 21 und des Grundwassers Nr. 14 durchschnittlich sich ungefähr in derselben Höhe bewegen, liegt die Härtekurve der Aare viel tiefer.

Ziehen wir nach dieser Besprechung der Härte der vier Haupttypen, die einiger andern Quellen[1] (resp. Grundwasser oder Quellgruppen) zum Vergleich heran.

Die Härtekurve der Schuttquelle Nr. 2 folgt sehr genau der Temperaturkurve dieser Quelle. Maxima und Minima der Temperatur entsprechen Minima und Maxima der Härte. Nur kommen das absolute Maximum und Minimum in der Temperatur erst 8 Wochen nachher in der Härtekurve zum Ausdruck, etwas früher (6—7 Wochen) die kleineren Maxima in der Temperatur. Betrachten wir jetzt die Härtekurven von den vier Quellen Nr. 21 (Stampfelbach), Nr. 5 (Lochgraben), Nr. 9 (Riethalde) und Nr. 17 (Meierhof). Wie schon früher hervorgehoben, beziehen diese Quellen ihr Wasser vom Geissbergplateau, fliessen aber nachher noch durch Schutt. Ein Vergleich der Härtekurven Nr. 9 und Nr. 17 mit den hier oben schon besprochenen Härtekurven Nr. 5 und Nr. 21 zeigen sofort, wie die Niederschläge die Härte bei diesen Quellen Nr. 9

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

und Nr. 17 viel mehr beeinflussen als bei Nr. 5 und Nr. 21. Abgesehen von der Uebereinstimmung der vier Kurven im allgemeinen, sieht man noch viel deutlicher als bei der Lochgrabenquelle, dass ergiebige Niederschläge die Härte bei der Quelle Nr. 9 und Nr. 17 zurückgehen lassen, in Uebereinstimmung mit der Situation. Wie schon früher hervorgehoben, tritt die Lochgrabenquelle, nachdem sie in den Schutt eingetreten, schon 50 m tiefer wieder zutage; die Quellen Nr. 9 und Nr. 17 treten erst am Fusse der Schutthalde aus. Ein grösseres Quantum des auf die Schutthalde gefallenen Regenwassers hat sich dann mit dem vom Geissbergplateau herstammenden gemischt und es verdünnt. Vergleichen wir z.B. die 27.—33. Woche; ergiebige Niederschläge fallen während dieser Zeit und die Härte der Quellen Nr. 9 und Nr. 17 geht zurück um mehr als 5°. Sobald aber die Niederschläge nach der 33. Woche geringer werden und schliesslich aufhören, steigt die Härte in der 38. und 40. Woche um 4°. In der 44. Woche nehmen die Regenmengen wieder zu, die Härte geht um 5° zurück. In der 53. bis 57. Woche nehmen die Niederschläge stark ab. Alle Quellen erreichen ein Minimum im Ertrag und jetzt wird die Härte der Quellen Nr. 5, 9 und 17 oft grösser als die der Quelle Nr. 21. Bei der Quelle Nr. 5 kommt das am wenigsten zum Ausdruck, bei Nr. 9 und Nr. 17 tritt das dagegen sehr deutlich hervor. Das vom Geissbergplateau herkommende Wasser wird in der Stampfelbachquelle sofort gefasst, bei den Quellen Nr. 5, 9 und 17 fliesst es durch die Schuttanhäufung, die stark dem Einfluss der Lufttemperatur unterworfen ist (die Temperaturkurven von 5, 9 und 17 liegen in diesem Zeitabschnitt auch höher als die der Quelle Nr. 21). Das Wasser muss also eine grössere Härte annehmen, am wenigsten bei Nr. 5, wo der Weg durch den Schutt am kürzesten ist.

Jetzt kann die Härte des Wassers von drei Quellen, Nr. 26, 27 und 28 (drei Quellen aus Bachschuttkegeln noch näher betrachtet werden. Schon früher wurde hervorgehoben, wie die Quelle Nr. 26 in Zeiten andauernder und ergiebiger Niederschläge nicht allein gespeist wird vom Wasser, das auf den Schuttkegel fällt, sondern auch vom eingesickerten Wasser der Bäche im Tälchen NW Villigen. Aus einer Vergleichung der drei Kurven geht diese Tatsache deutlich hervor. Erstens ist im allgemeinen zu konstatieren, dass mit Steigen und Fallen der Temperaturkurven die Härte grösser oder geringer wird. Die Temperatur der Quelle Nr. 28 liegt immer

höher als die der beiden andern Quellen; die Härte ist auch immer etwas grösser. Anfänglich, im Herbst 1918, liegt die Temperatur der Quelle Nr. 26 etwas höher als die der Quelle Nr. 27, ebenso auch die Härte. In einer zweiten Periode, wo die Temperatur höher liegt als bei den andern (Dezember 1918, Januar 1919) liegt aber die Härtekurve tiefer. Die Härtekurven beider Quellen Nr. 26 und 27 sind durch die ergiebigen Niederschläge im Dezember 1918 stark gefallen, aber diejenige der Quelle Nr. 26 viel stärker, was sich dadurch erklären lässt, dass die Quelle Nr. 26 in dieser Periode auch gespeist wird durch das versickerte Wasser des Meistelmattbaches. Auch im April und Mai wiederholt sich das Gleiche. Sobald aber im Juni 1919 die drei Quellen versiegt sind und im Juli Niederschläge fallen, da werden diese beiden Quellen, also auch Nr. 26, nur durch diese Niederschläge gespeist wie in 1918 und die Härte der Quelle Nr. 26 ist wiederum grösser als die der Quelle Nr. 27.

Betrachten wir jetzt die Härtekurven der kontrollierten vier Grundwasservorkommnisse (Stilli Nr. 14, Siggental Nr. 17, im Hasel Nr. 7 und Rüfenach Nr. 8). Die Härtekurve des Grundwassers im Siggental ist ziemlich verschieden von der in Stilli, abgesehen davon, dass beide mit den Temperaturkurven gleichzeitig steigen und fallen. Nur sind Härtemaxima und -Minima im Siggental mehr ausgeprägt, denn erstens ist die absolute Temperatur hier höher als in Stilli (das Grundwasser liegt im Siggental tiefer unter der Oberfläche) und zweitens sind auch die Temperaturschwankungen im Siggental grösser. Aber auch hier üben die Niederschläge ihren Einfluss aus. In niederschlagsreicheren Perioden fällt die Härte, nach Wochen ohne oder mit wenig Regen steigt sie. Nur ist in Siggental die Verzögerung ungefähr drei Wochen, im Einklang mit der früher geschilderten Situation. Die Härtekurven des Grundwassers in der Hochterrasse im Hasel und Rüfenach gehen, soweit Beobachtungen vorliegen, einander parallel. Maxima und Minima stimmen miteinander und im allgemeinen mit denen des Grundwassers in Stilli überein. Nur ist die Härte des Wassers in Rüfenach grösser als im Hasel, obschon der Grundwasserspiegel im Hasel tiefer liegt. Auch hier zeigt sich sehr anschaulich, dass nicht die Temperatur der Wässer allein deren Härte bestimmt, sonst wäre es nicht möglich, dass bei Rüfenach in der 38. Woche die Härte grösser als in der 41. Woche ist, während doch die Temperatur in der 38. Woche viel niedriger war, sondern die Nieder-

schläge beeinflussen die Härte sehr stark. Nach einer Trockenperiode sieht man die Härte steigen, nach Niederschlägen fällt sie. Dass dieser Einfluss viel schneller sich bemerkbar macht in Rüfenach, wo das Grundwasser nur so wenig tief, nur 0,5 m unter der Oberfläche liegt, ist leicht begreiflich.

d) *Trockenrückstand* der Quellen (resp. Grund- und Flusswasser).

Tafel III. Trockenrückstand der Stampfelbachquelle Nr. 21.

Auch hier beeinflussen mehrere Faktoren den Trockenrückstand (siehe Kurve). Von der Temperatur der Quelle hängt im allgemeinen die Form der Kurve ab. Das allmähliche Steigen und Fallen der Temperaturkurve findet man wieder in der Kurve des Trockenrückstandes. Auffällig ist das Zusammenfallen von Maxima und Minima beider während der Monate März bis Juli 1919. Aber nicht allein die Temperatur der Quelle, sondern auch die Niederschläge beeinflussen die Kurve stark. Wochen mit ergiebigen Niederschlägen machen sich bemerkbar durch Minima, Trockenperioden durch Maxima der Kurve des Trockenrückstandes. Die Verspätung ist meistens eine oder zwei Wochen, vielleicht tritt diese Erscheinung noch besser hervor, wenn man die Kurve des Ertrages der Quelle mit der Kurve des Trockenrückstandes vergleicht. Perioden mit sehr niedrigem Ertrag entsprechen in der Kurve des Trockenrückstandes relativen Maxima und umgekehrt. Eine Ausnahme scheinen die 28., 29. und 30. Woche zu machen (Dezember 1918). Ein Blick auf die Temperaturkurve der Quelle gibt uns hier Aufschluss. Der Herbst 1918 war ein Spätsommer. Die höchste Temperatur der Quelle fällt in die 27. Woche, daher der grosse Betrag des Trockenrückstandes in den darauf folgenden Wochen.

Tafel IV. Trockenrückstand der Lochgrabenquelle Nr. 5.

Auch hier wird der allgemeine Verlauf und die Form der Kurve des Trockenrückstandes durch die Temperatur der Quelle beherrscht. Die Kurve der Temperatur weist viel grössere Schwankungen auf, Maxima und Minima der Kurve des Trockenrückstandes sind daher auch grösser als bei der Stampfelbachquelle. Aber zweitens üben auch die Niederschläge einen viel grössern Einfluss aus auf die durchschnittliche Höhenlage der Kurve als bei der Stampfelbachquelle. Wie ja schon mehrmals betont, fliesst hier das vom Geissberg stammende Wasser 50 m tief durch

Schutt. Die Schuttanhäufungen wirken wie ein Reservoir. Das Wasser vom Geissbergplateau vermischt sich mehr oder weniger mit den Niederschlägen auf die Schutthalde. Dieselben aber verursachen viel tiefere Trockenrückstandminima und sind oft dann noch von Einfluss, wenn bei der Stampfelbachquelle schon wiederum eine Zunahme eingetreten ist (55. und 59. Woche). Nur im Dezember 1918 und Januar 1919 erreichen die Maxima in der Kurve der Lochgrabenquelle dreimal eine grössere Höhe als die Maxima bei der Stampfelbachquelle. Die Temperaturkurve gibt darüber Aufschluss. Die Kurve steigt, nachdem sie schon gefallen war, mit der Kurve der Lufttemperatur noch dreimal ziemlich stark und erreicht zweimal eine grössere Höhe als die Temperatur der Stampfelbachquelle. Auch das viel grössere Minimum in dem Trockenrückstand im November 1918 bei der Lochgrabenquelle gegenüber dem in der Stampfelbachquelle muss erklärt werden aus dem plötzlichen Sinken der Lufttemperatur in diesen Monaten, die ein unmittelbares Fallen der Temperatur der Lochgrabenquelle zur Folge hatte.

Tafel V. Trockenrückstand des Grundwassers in Stilli Nr. 14.

Auch diese Kurve verläuft im allgemeinen parallel der Temperaturkurve des Grundwassers. Bis in die 37. Woche bleibt diese fast immer gleich hoch. Nachher sinkt die Temperatur und dem entspricht eine Depression in der Kurve des Trockenrückstandes. Nach dem ziemlich starken Steigen der Grundwassertemperatur (nach der 45. Woche) nimmt auch der Trockenrückstand zu und seine Minima erreichen niemals mehr einen so grossen absoluten Tiefstand wie vorher. Aber auch die Niederschläge beeinflussen sehr stark die Kurve. Im allgemeinen sind die Schwankungen grösser als bei den Quellen Nr. 5 und 21. Merkwürdig gross sind aber die Schwankungen im September, Oktober und November 1918 (wie schon hervorgehoben, ein Spätsommer). Die Niederschläge, die auf die stark erwärmte Oberfläche der Niederterrasse fallen, erwärmen sich und treten stark lösend auf (F. Schlussfolgerungen, Punkt 13). Dazu tritt noch der Umstand, dass die Niederterrasse stark kultiviert und gedüngt wird, auch der grössere Glühverlust in dieser Zeit weist darauf hin. Daher die grossen Schwankungen. Gleich wie bei der Härte steigt nach einer Woche ohne Niederschläge die Kurve des Trockenrückstandes stark an. Auch hier kann man sagen, wie schon betont bei der Quelle Nr. 21, Perioden geringerer Ergiebigkeit der Quellen korrespondieren

mit Kulminationen der Kurve des Trockenrückstandes und umgekehrt. Auf Seite 90 seiner «Bodenkunde» weist auch E. Ramann darauf hin, dass während eines Jahres die Zusammensetzung der Sickerwasser stärkere Abweichungen erleidet. Am konzentriertesten sind die Lösungen während des Sommers und bei geringen Abflussmengen, am verdünntesten im Winter und bei starkem Abfluss.

Tafel VI. Trockenrückstand der Aare.

Während die Kurven der Quellen Nr. 5 und Nr. 21 und des Grundwassers Nr. 14, was absolute Höhe und Tiefe anbelangt, ungefähr gleich hoch liegen, verläuft die Kurve der Aare durchschnittlich tiefer. Sie zeigt uns einen ähnlichen Verlauf wie die Härtekurve. In der Zeit, während die Temperaturkurve der Aare am höchsten steht (in den Sommermonaten) liegt die Kurve des Trockenrückstandes am tiefsten. Während Herbst, Winter und Frühling, da die Temperaturkurve am tiefsten liegt, zeigt die Kurve des Trockenrückstandes einen Höhestand. Auch hier gibt uns die Temperatur des Aarewassers keinen Aufschluss, wohl aber die der Niveauschwankungen. Wie bei der Härtekurve schon betont, gibt besonders die Menge des durch die Aare abfliessenden Grundwassers den Ausschlag für die Grösse des Trockenrückstandes. Auffallend ist die Aehnlichkeit der Kurven des Trockenrückstandes des Grundwassers und des Aarewassers während Herbst und Winter 1918, Frühling 1919 und der grosse Unterschied zwischen beiden während der Sommermonate (1918 und 1919), wo der Zunahme des Trockenrückstandes des Grundwassers ein Zurückgehen des Trockenrückstandes bei der Aare entspricht. In dem auf Herbst, Winter und Frühling fallenden Teil der Kurve entsprechen hier Wochen mit niedrigem Niveau der Aare Wochen mit hohem Trockenrückstande und umgekehrt.

Was die Kurve des Trockenrückstandes der Quelle Nr. 2[1] anbelangt, kann zudem hervorgehoben werden, dass Maxima in der Ergiebigkeit zusammenfallen mit Minima des Trockenrückstandes und umgekehrt und dass die Kurve parallel verläuft mit der Kurve der Temperatur.

e) *Organische Substanz* der Quellen (resp. Grund- und Flusswasser).

---

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

Tafel III. Organische Substanz der Stampfelbachquelle Nr. 21.

Die Kurve ist ihrer Form nach in drei Teile zu gliedern. Während der 21.—30. Woche (November und Dezember 1918) zeigt sie viele und grosse Schwankungen. Ein zweiter Abschnitt (31.—48. Woche; Januar, Februar, März, April 1919) verläuft gleichmässiger. Nur zwei grössere Maxima, aber absolut nicht so hoch wie in der vorherigen Periode, treten hier auf. Nach der 48. Woche, im Mai, Juni, Juli und August 1919, zeigt die Kurve wiederum mehrere und grössere Schwankungen. Wie zu erwarten war, ist in den Sommer- und Herbstmonaten die Menge der organischen Substanz am grössten. Die ergiebigen Niederschläge im Dezember 1918 verursachen grosse Maxima und Minima. Im Winter und Frühling ist die absolute Menge der organischen Substanz geringer wie im Sommer, zweitens verläuft die Kurve viel ruhiger, nur ein grösseres Maximum folgt in der 40. Woche, als nach der niederschlagsfreien 39. Woche sich Regengüsse einstellen. Während der Sommer- und Herbstmonate wiederholt sich immer wieder die Erscheinung, dass bei niedriger Ergiebigkeit der Quellen und nach niederschlagsfreien oder -armen Wochen, wenn wieder Regen einsetzen, die organische Substanz stark zunimmt.

Tafel IV. Organische Substanz, Lochgrabenquelle Nr. 5.

Diese Kurve ist der Kurve der Stampfelbachquelle sehr ähnlich. In den Sommer- und Herbstmonaten zeigt sie auch viel grössere Schwankungen als in den Monaten Januar, Februar, März und April. Nur sind im Oktober, November und Dezember die Maxima und Minima nicht so gross, wie bei der Quelle Nr. 21. Auch liegt sie absolut etwas tiefer, während Januar, Februar, März und April 1919 die Kurve noch gleichmässiger als bei der Quelle Nr. 21 verläuft, nur liegt sie absolut etwas höher. Grössere Maxima oder Minima kommen nicht vor. Der dritte Teil der Kurve hat dann wieder viel Aehnlichkeit mit dem der Quelle Nr. 21. Bei der Quelle Nr. 5, bei der zu dem Wasser des Geissbergplateaus auch Regenwasser zufliesst, sind die Maxima und Minima weniger scharf ausgesprochen.

Tafel V. Organische Substanz des Grundwassers in Stilli.

Im grossen ganzen verläuft die Kurve wie diejenige der Quellen Nr. 5 und Nr. 21. Nur sind Maxima und Minima in dieser Kurve noch mehr ausgeglichen und liegen speziell die Maxima niemals so hoch. Die ganze Kurve liegt das ganze

Jahr hindurch absolut etwas tiefer als die Kurve der Quellen Nr. 5 und Nr. 21. Merkwürdig ist auch die Tatsache, dass während der Monate Januar bis Mai 1919 die Kurve im allgemeinen höher liegt als während der übrigen beobachteten Monate. Maxima und Minima liegen dann immer tiefer. Die Erklärung liegt höchstwahrscheinlich darin, dass im Herbst und Frühjahr die Niederterrasse am intensivsten gedüngt wird. Die Niederschläge führen allmählich die organische Substanz in das Grundwasser. In der übrigen Zeit halten die Kulturen die organische Substanz zurück.

Tafel VI. Organische Substanz der Aare.

Lagen die Härtekurve und die Kurve des Trockenrückstandes der Aare absolut tiefer als die Kurven der drei andern Gewässertypen, so bewegt sich die Kurve der organischen Substanz absolut viel höher. Auch sie zerfällt in drei Abschnitte, die am meisten übereinstimmen mit den drei Abschnitten der Kurve des Grundwassers. Am auffallendsten ist die Tatsache, dass während der Monate Januar, Februar, März und April die absolute Höhe der Kurve bedeutender ist als während der übrigen Monate. Dass die Schwankungen gross sind und die organische Substanz reichlicher als bei den drei andern Typen, ist selbstverständlich. Die sämtlichen Abwässer von Brugg (5 km oberhalb Stilli) werden in den Fluss entleert und zudem wird während der Wintermonate verhältnismässig viel mehr organische Substanz durch das Wasser oberflächlich abgeführt als in den wärmeren Monaten, wenn die Vegetation viel davon absorbiert. Die drei Kulminationen (46., 52. und 58. Woche) in der Kurve der Niveauschwankungen während der Schneeschmelze findet man wieder in drei Maxima in der Kurve der organischen Substanz (49., 54., 59. Woche).

Schliesslich sei hier noch erwähnt die Kurve der Quelle Nr. 2[1]. Diese liegt in den Monaten Februar, März, April und Mai 1919 höher als in den übrigen Monaten. Mit der grösseren Ergiebigkeit der Quelle während der 30.—34. Woche korrespondiert ein Minimum der organischen Substanz; der niedrige Stand in der 55. Woche fällt zusammen mit dem absolut höchsten Stand der organischen Substanz.

---

[1] Siehe Fussnote Seite 22.

F. Schlussfolgerungen.

Aus meinen während eines Jahres gemachten Beobachtungen geht die Bestätigung der bisher allgemein angenommenen Grundregeln hervor, sowohl was die Quellen als das Grundwasser anbelangt. Was die Quellen und das Grundwasser anbetrifft, beeinflussen in dem durch mich bearbeiteten Gebiet einige noch weniger bekannte Faktoren diese Grundregeln und ich möchte sie — vielleicht sind sie schon bekannt aus früheren Untersuchungen — hier noch einmal betonen und hervorheben.

1. Eine Spaltenquelle (Typus Stampfelbachquelle Nr. 21), die ihr Wasser bezieht aus einem stark zerklüfteten, bewaldeten Kalkplateau mit dünner Humusdecke, gibt, auch bei genügender Quantität, nicht die Sicherheit, dass das Wasser für eine Trinkwasserversorgung völlig einwandfrei ist. Die stark zerklüfteten Kalke vermögen das auf das Plateau fallende Regenwasser nicht genügend zu filtrieren (Seite 41).
2. Bei einer Spaltenquelle, die ihr Wasser bezieht aus einem Spaltensystem in stark zerklüfteten Malmkalken, üben die Niederschläge auf zwei verschiedene Weisen ihren Einfluss aus:
   a) mehr mechanisch dadurch, dass das eindringende, frischgefallene Wasser das bereits im Boden befindliche, härtere Wasser verdrängt;
   b) Verdünnung durch das frisch gefallene Regenwasser (Seite 54, 55 und 71).

   Die allgemein angenommenen Grundregeln, dass Niederschläge die Temperatur und die Härte einer Quelle erniedrigen, erleidet demzufolge einige Einschränkungen. Anfänglich verursachen sie während der Sommermonate ein, eine kurze Zeit andauerndes Ansteigen der Temperatur und Härte und erst nachher folgt die Quelle der allgemeinen Grundregel. In den Wintermonaten findet das Umgekehrte statt.
3. Bei einer Spaltenquelle übertragen die Niederschläge die Lufttemperatur unter Umständen direkt auf die Quelle (Seite 64, 65).
4. Für eine Schichtquelle, die erst noch durch Schutt fliesst, bevor sie zutage tritt, spielt diese Schuttanhäufung oft die Rolle eines Reservoirs (Seite 56, 78).

5. Ein Gebiet wie das des Geissberges (ein Teil des Tafeljura) kann nicht verwendet werden, um festzustellen, ein wie grosser Teil der gefallenen Niederschläge abfliesst. Die im ganzen Gebiet des Tafeljuras allgemeine Erscheinung, dass die Bäche im letzten geologischen Zeitabschnitt zurückgegangen sind und nicht nur früher fortbewegtes Geschiebe nicht mehr zu bewältigen vermögen, sondern auch auf grosse Strecken darin versiegen, ist wohl der Hauptgrund hiervon (Seite 47, 48).
6. Die Stauung der Aare in der Beznau übt einen grösseren Einfluss aus auf den Stand des Grundwassers in der Niederterrasse als man ohne weiteres meinen sollte; das Grundwassersystem des ganzen Gebietes ist künstlich beeinflusst, fast niemals kann das Grundwasser ungehemmt abfliessen, mit nur sehr kurz andauernden Ausnahmen findet immer eine Stauung statt (Seite 59).
7. Der Einfluss der unteren Aare als Regulator für das abfliessende Grundwasser der Niederterrasse ist sehr gross. Bei niederem Stand des Aareniveaus besteht ein grosser Teil des abfliessenden Aarewassers aus Grundwasser (Seite 67, 73 und 79).
8. Temperatur, Härte und Trockenrückstand des Aarewassers werden stark beeinflusst durch das durch die Aare abfliessende Grundwasser. Vom September 1918 bis Mai 1919 war die Temperatur des Aarewassers immer höher als die mittlere wöchentliche Lufttemperatur (Seite 67, 73).
9. Der Einfluss der Aare auf das Grundwasser bei Stilli (Pumpstation 150 m vom Aareufer entfernt) ist nur eine stauende, niemals konnte dort eine Mischung von Aare- und Grundwasser beobachtet werden (Seite 67, 73).
10. Die Niederterrasse bei Stilli liefert für Trinkwasserversorgungen einwandfreies Trinkwasser in genügenden Mengen (Seite 18).
11. Das Grundwasser in der Hochterrasse in unserem Gebiet steht nicht in Verbindung mit dem Grundwasser in der Niederterrasse; beide Terrassen haben ihr eigenes Grundwassersystem (Seite 61).
12. Die Frage, ob die Verlehmung der Hochterrasse primär sei oder nicht, ist, was die Hochterrasse bei Rüfenach anbetrifft, bejahend zu beantworten; die Beobachtungen des dortigen Grundwassers beweisen die Wechsellagerung von lehmigen Schichten und Kiesen (Seite 33, 61).

13. Temperatur, Härte, Trockenrückstand werden durch die Niederschläge häufiger und mehr direkt beeinflusst, als früher angenommen. Nicht immer üben die Niederschläge eine verdünnende Wirkung aus. Im Sommer und Herbst, während die Niederschläge auf einen stark erwärmten Grundwasserträger fallen, kann man eine Vermehrung der Härte und des Trockenrückstandes am Grundwasser konstatieren (Seite 64, 70, 75, 76 und 78).
14. Die schon von Tardey aufgestellte Regel, dass der Kalkgehalt der Quellen bedingt wird durch den Zufluss der Sickerwasser, je nach den Schichten, welche das Wasser liefern, gilt auch für den Magnesiumgehalt dieser Schichten.
15. Kondensation lokal und unmittelbar an der Oberfläche kann ein wichtiger Faktor sein für die Vermehrung des Quellertrages, oder für den Wasserhaushalt eines Gebietes (Seite 56).

Anmerkung:

Die Noten und Vermerke dieser Arbeit beziehen sich auf die Spezialpaginatur (kleine Seitenzahlen oben).