**Zeitschrift:** Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden

**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Graubünden

**Band:** 57 (1916-1917)

**Artikel:** Beitrag zur Kenntnis der Quellenverhältnisse Graubündens und zur Beurteilung von Trinkwasser : Vortrag

**Autor:** Nussberger, Gustav

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-594614

**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:** 02.07.2025

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

# Beitrag zur Kenntnis der Quellenverhältnisse Graubündens und zur Beurteilung von Trinkwasser.

Vortrag, gehalten in der Sitzung der Naturf. Gesellschaft vom 17. Januar 1917 in Chur.

Von Dr. Gustav Nussberger.

Die vorliegende Arbeit stützt sich auf die Ergebnisse von Wasseranalysen, welche vom kant. chem. Laboratorium in den letzten 23 Jahren ausgeführt worden sind, auf zahlreiche Beobachtungen in Quellengebieten und auf Erfahrungen, welche ich im Verkehr mit Gemeindebehörden anläßlich der Lösung der Frage der Trinkwasserversorgung gemacht habe. Sie betrifft zunächst einige Beziehungen, welche sich zwischen Wasser und durchflossenem Gestein nachweisen lassen. Sie ist im weiteren ein Versuch, einzelne wichtigere Leitlinien, welche sich für die Wasserbeurteilung daraus ergeben, zu kennzeichnen. Weil ich sodann gerade in den letzten Jahren vielfach Gelegenheit hatte zu hören, wie unrichtig der Wert einer chemisch-bakteriologischen Wasseruntersuchung eingeschätzt wird, so liegt mir daran, auch hierüber einige Mitteilungen zu bringen in der Meinung, damit gleichzeitig die Erkenntnis zu fördern, daß der Verwendung einer Quelle als Trinkwasser unbedingt eine längere, möglichst vielseitige Beobachtung und Untersuchung vorausgehen muß.

Daß der Genuß von Wasser unter Umständen Massenerkrankungen bewirken kann, hat man schon in früher Zeit vermutet. Über die Ursache und den Hergang derartiger Epidemien aber ist man erst im vergangenen Jahrhundert ins klare gekom-

men. Heute weiß jeder Gebildete, daß die ansteckenden Krankheiten durch bestimmte, für jede Infektionskrankheit spezifische Bakterien übertragen werden. Gelangen solche in das Trinkwasser, und halten sie sich dort einige Zeit auf, so besteht die Gefahr ihrer Verbreitung durch Wassergenuß. Bei einer großen Zahl von Epidemien hat das genaue Studium des Anfanges und des Verlaufes derselben mit aller Sicherheit ergeben, daß das Wasser dabei der Bakterienüberträger gewesen sein muß. Ich weise hier speziell auf Typhus-, Cholera- und Ruhrepidemien hin. Zweifellos liegt also die Übertragung durch Trinkwasser bei mehreren infektiösen Darmkrankheiten durchaus im Bereiche der Möglichkeit, und wir haben bei der Beurteilung einer Quelle damit zu rechnen.

Im sanit. demograph. Wochenbülletin der Schweiz sind in den letzten 20 Jahren aus dem Kanton Graubünden im ganzen ungefähr 500 amtlich angezeigte Typhusfälle verzeichnet. Aus den sich darauf beziehenden Berichten der Bezirksärzte an das kant. Sanitätsdepartement ergibt sich, daß die Infektionsquelle nicht immer mit Sicherheit festgestellt werden konnte. Wo es aber möglich war, ließ sich die Infektion auf Genuß von unsauberem Wasser zurückführen, so daß anzunehmen ist, die Trinkwasserfrage sei noch nicht in allen Gemeinden befriedigend gelöst. Bei dieser Sachlage ist es eine der Pflichten der öffentlichen Gesundheitspflege, mit aller Energie für die Beschaffung von genügendem und reinem Trinkwasser einzustehen.

Für das Verständnis des Folgenden ist es notwendig, daß wir uns zunächst über die Zahlenangaben einer chem. Trinkwasseranalyse etwas genauer orientieren.

Zum Zwecke der Beurteilung eines Wassers auf seine Zulässigkeit als Trinkwasser muß man sich einen Aufschluß über die darin gelösten Bestandteile verschaffen. Es ist dabei nicht nötig, das Wasser einer eingehenden Analyse zu unterwerfen, wobei Art und Menge aller darin enthaltenen mineralischen Bestandteile genau ermittelt wird. Es hat sich nämlich bei der Vergleichung einer großen Zahl von Quellwassern verschiedener Herkunft gezeigt, daß nur einzelne wenige Stoffe immer vorwiegen und den Charakter des Wassers ausmachen. Alle Quellwasser enthalten:

1. Gelöste Mineralstoffe; davon sind hervorzuheben kohlensaures Calcium und Magnesium, schwefelsaure Salze (im wesentlichen schwefelsaurer Kalk, Gips), Chloride, wohl Kochsalz.

2. Gelöste organische Stoffe (Stoffe aus dem Pflanzen- und Tierreich).

3. Zersetzungsprodukte der organischen Substanzen: Ammoniak, salpetersaure und salpetrigsaure Verbindungen (Nitrate und Nitrite). Die im Wasser vorhandenen organischen Stoffe sind nämlich im Zustande der Fäulnis, Zersetzung. Sehen wir nun, wie diese Bestandteile in einer Trinkwasseranalyse zum Ausdruck kommen, und wähle ich als Beispiel die

**Analyse des Churer Leitungswassers**
(Probe vom 9. Dezember 1916)

| | mg in 1 Liter | |
|---|---|---|
| | a) Reservoir St. Hilarien | b) Reservoir Mittenberg |
| 1. Trockenrückstand | 208.5 | 411.5 |
| 2. Glührückstand | 189.7 | 359.0 |
| 3. Alkalität | 157.5 | 295.0 |
| 4. Oxydierbarkeit | 2.07 | 2.33 |
| 5. Albuminoides Ammoniak | 0.007 | 0.008 |
| 6. Freies Ammoniak | 0.006 | 0.004 |
| 7. Nitrite | 0 | 0 |
| 8. Nitrate | 0 | 0 |
| 9. Chloride | leise Spur | leise Spur |
| 10. Sulfate | deutl. Reaktion | starke Reaktion |
| 11. Gesamthärte | 19.0 | 35.9 |
| 12. Vorübergehende Härte | 15.75 | 29.5 |
| 13. Bleibende Härte | 4.2 | 6.4 |
| 14. Keimzahl | 15 | 30 |

Die einzelnen Zahlen sind nach den Methoden für die Untersuchung von Trinkwasser bestimmt worden, wie sie früher unter den kantonalen Laboratorien vereinbart waren und seit dem Jahre 1909 im schweizerischen Lebensmittelbuche für die amtlichen Untersuchungsanstalten der Schweiz vorgeschrieben sind. Auf die Nitrate, Nitrite, Chloride und Sulfate ist nur qualitativ geprüft worden. Je nach dem Ausfall der qualita-

tiven Reaktion sind die folgenden Grade unterschieden: leise Spur, Spur, deutliche Reaktion, starke und sehr starke Reaktion.

Wenn man eine genau gemessene Menge Quellwasser vorsichtig eindampft, so bleibt alles Feste, nicht Flüchtige, das im Wasser gelöst war, zurück und ergibt den Trockenrückstand. (1).

Er besteht aus den im Wasser gelösten nicht flüchtigen organischen und aus mineralischen Stoffen.

Glüht man den Trockenrückstand, so verbrennt die organische Substanz und verwandelt sich dabei in flüchtige Stoffe; das Kristallwasser entweicht, und es bleiben die Mineralstoffe zurück. Daraus ergibt sich, daß der Glührückstand (2) der Summe der im Wasser gelösten mineralischen Stoffe entsprechen muß. Über die qualitative Beschaffenheit des Mineralgehaltes geben die Zahl der Alkalität (3) und der Ausfall der Reaktion auf Chloride (9) und Sulfate (10) genaueren Aufschluß.

Die Alkalität gibt speziell ein Maß für die kohlensauren Salze. Für unsere Verhältnisse fallen von diesen nur zwei einzige in Betracht, vorherrschend kohlensaures Calcium und daneben kohlensaures Magnesium, also diejenigen Stoffe, welche das Quellwasser aus Kalk- und Dolomitschichten lösen kann.

Die Differenz zwischen dem Glührückstand und der Alkalität wird im wesentlichen durch den Gehalt des Wassers an Sulfaten (Gips) und Chloriden (Kochsalz) verursacht. Andere Mineralstoffe finden sich in Trinkwassern nur ausnahmsweise und dann nur in unerheblicher Menge.

Die mit Oxydierbarkeit (4) bezeichneten Zahlen geben zwar nicht den absoluten Gehalt des Wassers an organischen Stoffen an, sind aber ein Maß dafür. Desgleichen sind die Zahlen neben der Bezeichnung „albuminoides Ammoniak“ (5) speziell ein Maß für die gelösten stickstoffhaltigen organischen Stoffe, welche, wenn sie im Wasser in größerer Menge nachgewiesen sind, im allgemeinen tierischer Herkunft sein dürften.

Die unter 6—8 angeführten Stoffe sind solche, die durch Fäulnis aus den organischen Stoffen entstanden sind.

Schon an dieser Stelle soll darauf verwiesen werden, daß die Chloride (9) und Sulfate (10) vom Wasser dem Gestein

durch Lösen entzogen, daß sie aber einem Quellauf auch durch Abwasser aus Haus und Stall zugeführt werden können. Der betreffenden Reaktion kann daher nicht immer die gleiche Deutung gegeben werden. Die unter 11—13 als Härte angeführten Zahlen sind nur eine andere Ausdrucksweise für die Ergebnisse unter 2 und 3.

Im folgenden soll der Zusammenhang zwischen der chemischen Beschaffenheit des Gesteins und derjenigen der reinen Quellen erläutert werden, wie er sich aus den Wasseranalysen unseres Laboratoriums, welche wir in der Gesamtzahlt von 1420 ausgeführt haben, ergibt. Es haben sich dabei vier deutlich voneinander verschiedene Quellwasserqualitäten ergeben. Dementsprechend habe ich auch die im Kanton vertretenen geologischen Stufen in vier Gruppen zusammengezogen und werde deren Merkmale, soweit sie für unsere Frage in Betracht fallen, jeweils in gedrängter Kürze anführen.

## I. Quellen aus Massengesteinen, aus kristallinen Schiefern und aus Verrucano.

Wenn auch einzelne Untersuchungsergebnisse dazu verlockt hätten, die Quellen der Massengesteine, der kristallinen Schiefer und des Verrucano von denjenigen der chemisch veränderten Silikatgesteine, beispielsweise Serpentin, zu trennen, so habe ich mich angesichts der nachgewiesenen kleinen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung, die sich übrigens nicht durchgehends mit Sicherheit haben verfolgen lassen, doch nicht dazu entschließen können. Dementsprechend sind die Quellen aller oben angeführten Gesteinsarten in eine einzige Gruppe zusammengezogen worden. Über den Gesteinscharakter ist zunächst einiges vorauszuschicken.

Die Eruptivgesteine sind aus geschmolzenen Massen durch Erstarren entstanden. Sie haben eine massige Textur und sind ungeschichtet. Man könnte daraus den Schluß ziehen, daß sie für Wasser ganz undurchlässig seien. Das ist indessen nicht der Fall.

Beim Erstarren der Massen und auch durch später eingetretene Gebirgsbildungsprozesse haben sich Risse und Klüfte gebildet, die das Gestein ganz unregelmäßig durchziehen und in verschieden große Blöcke zerteilen.

Die kristallinen Schiefer sind teils Eruptiv-, teils Sedimentgesteine, welche durch ungeheuren Druck einen schieferigen Bau angenommen haben. Eine eigentliche Schichtung ist auch bei diesem Gestein nicht vorhanden; demnach sind die Bedingungen für das Durchdringen von Wasser und damit für die Quellbildung denjenigen der Eruptivgesteine sehr ähnlich.

Nicht viel anders liegen die Verhältnisse beim Verrucano, einem dem Perm und Buntsandstein, also den ältesten Schichten angehörenden Sediment. Der Verrucano, der im wesentlichen von Truns aus abwärts über Brigels, Andest und Ilanz ansteht, ist ein gneißartiges Konglomerat mit Sericit, Quarz und Tonschiefern, somit seiner Beschaffenheit und der chemischen Zusammensetzung nach den vorgenannten zwei Gesteinsarten ähnlich und wie diese ein stark kieselsäurehaltiges Material.

Schon aus den wenigen Merkmalen der drei Gesteinsgruppen, die ich hier angeführt habe, geht hervor, daß die Massen der Grundgebirge und der ältesten Sedimente im Kanton im allgemeinen zur Quellbildung wenig geeignet sind. Schmelz- und Niederschlagswasser können nur dort eindringen, wo das Gestein bis zur Oberfläche hinauf gespalten ist. Den Rissen und Spalten und dem Gesetze der Schwere folgend, fließen sie dann weiter und weiter und werden schließlich, wenn die Spalten an die Erdoberfläche führen, zur Quelle. Die Sickerwasser mögen dabei einen weiten Weg zurücklegen, die Zeit aber, die sie dazu brauchen, wird immer verhältnismäßig kurz sein.

Viel günstigere Vorbedingungen für die Quellbildung liefern die Verwitterungsprodukte der genannten Gesteinsarten. Der Schutt, der sich im Laufe der Zeit durch Abwitterung und Absturz aus dem Felsen gebildet hat, gehört dazu. Er kann sich direkt an den Fuß der Gebirge abgelagert haben und bildet diesfalls den Gehängeschutt. In andern Fällen ist er von den Gletschern und dem Wasser weitertransportiert worden, und hat sich erst im breiteren Tal abgesetzt.

Hier liegt dann das Gestein in einem durch die verschiedenen Einflüsse, durch Absturz und Wassertransport oft weitgehend zerkleinerten Zustande vor. Es kann bis zu feinem pulverigem Material zerschlagen und zermalmt sein, das dann nach der Ablagerung wieder mehr oder weniger zusammengepreßt worden ist. In die derart aus den Massengesteinen und kristallinen Schiefern entstandenen Gebilde können die Oberflächenwasser leicht eindringen und müssen, da sich im Innern überall größere und kleinere Hohlräume und feinste kapillare Durchgänge finden, die Schichten in langsamem Lauf passieren, dabei lange in inniger Berührung mit dem Gestein bleibend. Alle diese Umstände bewirken, daß die Filtration des eingedrungenen Wassers, die beim anstehenden Eruptivfels nur ausnahmsweise möglich sein wird, im abgelagerten Gesteinsschutt gleicher Herkunft einen hohen Grad erreichen kann. Auf diese Weise entstehen die Schuttquellen.

Die Spalten- und Schuttquellen, beziehungsweise Grundwasserquellen, sind die genauer nachgewiesenen Arten der Quellbildung im kristallinen Gebiete. Sie sind selbstverständlich je nach den lokalen Bedingungen in verschiedenster Art miteinander kombiniert.

Was nun die Möglichkeit der Aufnahme von Mineralstoffen im Eruptivgestein durch das Wasser anbetrifft, so ist sie in diesem und auch in jedem später zu besprechenden Falle abhängig von der Dauer und der Art der Berührung zwischen Gestein und Wasser. Wie schon vorher bemerkt, fließt das Sickerwasser verhältnismäßig rasch durch den anstehenden Fels. Die Einwirkung des Wassers auf das Gestein ist daher gering. Beim Abwitterungsschutt erstreckt sie sich auf einen größeren Zeitraum und auf eine wesentlich größere Gesteinsoberfläche. Daraus wäre der Schluß zu ziehen, daß im allgemeinen die Schuttquellen des kristallinen Gebietes sich von den Felsspaltenquellen durch höheren Gehalt an gelösten mineralischen Bestandteilen auszeichnen müßten. In kleinem Maße ist das schon der Fall; allein es handelt sich nur um geringe Unterschiede. Der Grund davon liegt in der chemischen Zusammensetzung der Eruptivgesteine und der kristallinen Schiefer. Diese sind Verbindungen der Kieselsäure, sogenannte Silikate. Sie sind

daher nicht nur hart und trotzen fast jeder mechanischen Zerstörung, sie sind auch in reinem Wasser unlöslich und setzen den chemischen Einflüssen von Luft und Wasser einen beinahe unüberwindlichen Widerstand entgegen. So kommt es, daß die sie durchdringenden Wasser, ob sie nun in ihnen kürzere oder längere Zeit Gelegenheit zum Lösen haben, nur unbedeutende Mengen von Mineralstoffen aufnehmen können. Quellwasser aus derartigen Gesteinsarten sind daher alle weich.

Gebiete, wo die Silikatgesteine größere Ausdehnung haben, sind: Oberland von Ilanz aufwärts, Mesolcina und Calanca, Bergell, Puschlav, Oberengadin und die Gegend zwischen dem Unterengadin, Albulatal, Davos, Klosters und dem Montafun.

In der folgenden Tabelle sind Analysen von Quellwassern aus den genannten Gesteinen zusammengestellt, wobei besonders typische Beispiele und daneben die Grenzfälle nach unten und oben vertreten sind.

**Analysenresultate von reinen Quellwassern aus Massengesteinen, kristallinen Schiefern und Verrucano.**

| | mg in 1 Liter | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Brusio | Davos-Flüela | Pontresina | Mesocco | Zuoz | Disentis |
| Trockenrückstand . . | 99.0 | 37.5 | 72.0 | 60.0 | 45.5 | 87.5 |
| Glührückstand . . . | 88.0 | 29.5 | 57.5 | 51.0 | 30.0 | 80.5 |
| Alkalität . . . . . | 54.0 | 23.0 | 34.0 | 37.5 | 22.5 | 45.0 |
| Oxydierbarkeit . . . | 4.38 | 2.57 | 2.7 | 1.87 | 4.06 | 3.24 |
| Freies Ammoniak . . | 0.012 | 0.002 | 0.015 | 0.008 | 0.01 | 0.008 |
| Album. Ammoniak . . | 0.014 | 0.008 | 0.006 | 0.010 | 0.036 | 0.037 |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chloride . . . . . | Spur | Spur | Spur | Spur | Spur | Spur |
| Sulfate . . . . . | d. Reakt. | Spur | Spur | Spur | Spur | Spur |

Aus der Zusammenstellung, in gleicher Weise aber auch aus allen Analysen, welche wir über Wasser aus diesem Gestein im Laboratorium ausgeführt haben, ist in erster Linie der spärliche, in vielen Fällen sogar außerordentlich geringe Gesamtgehalt an gelösten mineralischen Stoffen zu erkennen (kleiner Glührückstand). Alle diese Wasser sind weich, ihre Gesamthärte liegt in der Regel unter acht, in Ausnahmefällen sogar

in der Nähe von drei. Der Mineralgehalt besteht zur Hauptsache aus kohlensaurem Kalk. Schwefelsaure und Chlor-Verbindungen sind zwar immer vertreten, jedoch nie in größerer Menge, stets nur in geringen oder kaum nachweisbaren Spuren.

Organische Stoffe, auch die stickstoffhaltigen, sind ebenfalls in allen von uns untersuchten reinen Quellwässern nachweisbar, allein auch diese nur in Spuren.

Unter den Zersetzungsprodukten der organischen Substanz fehlt endlich auch das Ammoniak in den Quellen gar nie. Allein auch dessen Menge liegt durchwegs unter 0,02 mgr. pro 1 Liter.

Die salpetersauren und salpetrigsauren Salze, die auch zu den Stoffen gehören, die durch Fäulnis entstehen und uns daher ein Indikator dafür sind, sind nie zugegen.

Durch Vergleichung der Untersuchungsergebnisse von Quellen aus dem beschriebenen Gebiete kommt man zu folgendem Hauptergebnis: Der an sich sehr kleine Mineralgehalt der Quellwasser aus Eruptivgesteinen, kristallinen Schiefern und Verrucano setzt sich im großen und ganzen zusammen aus Kalk und Gips, wobei Kalk den Hauptteil ausmacht. Alles übrige ist nur in Spuren gelöst.

Die Frage der Filtrierfähigkeit der Massengesteine ist schon geprüft worden: im anstehenden Gestein ist sie nicht groß, je nachdem sogar ganz minim, im Schutt dagegen je nachdem genügend.

## II. Quellen aus Sedimentgesteinen.

Ein anderer Teil unserer Erdrinde, die Sedimentgesteine, sind dadurch zustande gekommen, daß sich in weit zurückliegenden Zeitepochen aus dem Wasser von Flüssen, Seen und dem Meer feste mineralische Bestandteile auf die im ersten Abschnitt erwähnte kristalline Unterlage abgesetzt haben. Der Vorgang konnte entweder darauf beruhen, daß sich das durch die Wasserläufe mitgeführte gröbere und feinere Gesteinsmaterial beim langsamen Fließen und beim Stillestehen absetzte, oder darauf, daß sich im Wasser gelöste Mineralbestandteile aus irgend einem Grunde aus diesem ausschieden. Beide Vorgänge haben

sich zu verschiedenen Zeiten und auf verschiedene Art und Weise sowohl bei Süßwasser, als auch bei Meerwasser vollzogen und derart zu Ablagerungen geführt, die dann im Laufe der Zeiten verfestigt worden sind. So entstanden die Sedimentgesteine.

Für unsere Frage ist von vornherein von Bedeutung, daß diese Gesteine ihrer Entstehung gemäß geschichtet sind; sie bieten der Wasserversickerung und damit der Quellbildung viel günstigere Verhältnisse als die Eruptivgesteine. Da ferner durch Gebirgsbildungsprozesse, welche nach der Ablagerung erfolgten, der Verlauf der Schichten vielfach und in eingreifender Weise gestört worden ist, sind auch die Gelegenheiten zur Entstehung von kleineren und größeren Quellen recht mannigfaltig geworden.

Der Geologe teilt die Sedimente sehr weitgehend nach ihrem Alter, dem Gesteinscharakter etc. ein. Wir können davon absehen. Für die Beschaffenheit des Quellwassers ist in erster Linie die chemische Zusammensetzung des Gesteins maßgebend. Diese aber ist bei den hier in Frage kommenden Sedimenten durchgehends eintönig. Hauptbestandteile sind bei allen kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, tonige Schichten und Gips, letzterer in stark wechselnden Mengen. Von den Sedimenten fallen für die Quellen im Kantonsgebiet im wesentlichen diejenigen der sekundären Periode oder der mesozoischen Gesteinsreihe in Betracht. Man kann unterscheiden: Quellen aus

a) Rötikalk, Dolomiten und Kalken der Trias;
b) aus Rauhwacken und Gipsen der Trias;
c) aus Bündnerschiefer.

a) Quellen aus Rötikalk, Dolomiten und Kalken der Trias.

Kalk- und Dolomitfelsen sind tief zerspalten und zerrissen, ermöglichen leichtes Eindringen von Oberflächenwasser und führen dasselbe eventuell rasch in große Tiefen. Sie gehören daher im allgemeinen nicht zu den guten Quellfiltrationsmassen, wenn auch beim starken Zerfall des Gesteins in einzelnen Lagen eine gute Klärungsmöglichkeit besteht. Trotzdem die Kalkgebirge infolge ihrer weitgehenden Zerklüftung vorzügliche Oberflächen-

wassersammler sind, treten Quellen in ihrem eigentlichen Gebiete doch selten auf, weil eben das Wasser in ihnen immer weiter versinkt, ohne auf Widerstand zu stoßen. Quellen sind häufiger beim Schichtenwechsel, dort, wo der Kalk, bezw. Dolomit auf anderm Gestein aufliegt. (Schichtquellen).

Da übrigens die Kalkgebirge vielfach von Ton- und Mergelschichten durchzogen sind, können die Sickerwasser selbstverständlicherweise auch durch derartige Schichten mitten im Gestein als Quelle zutage geführt werden.

Als Hauptgebiete dieser Gesteine sind zu nennen der Gebirgskomplex, begrenzt von Bergün, Brienz, Lenzerheide, Strela, Davos, Filisur und die rechte Talseite vom Unterengadin von Cinuskel an durch V. Laschadura bis ins Münstertal.

**Analysenresutalte von reinen Quellwassern aus Rötikalk, Dolomiten und Kalken der Trias.**

| | mg in 1 Liter | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Bergün | Brienz | Plavnatal | Laax | Samaden | Zuoz |
| Trockenrückstand . . | 284.0 | 189.0 | 109.5 | 158.5 | 144.5 | 289.0 |
| Glührückstand . . . | 264.0 | 184.0 | 96.0 | 153.5 | 140.0 | 271.5 |
| Alkalität . . . . . | 237.5 | 180.8 | 95.5 | 138.5 | 135.0 | 225.0 |
| Oxydierbarkeit . . . | 4.2 | 4.54 | 4.75 | 4.2 | 3.3 | 2.64 |
| Freies Ammoniak . . | 0.024 | 0.010 | 0.02 | 0.022 | 0.008 | 0.002 |
| Album. Ammoniak . . | 0.028 | 0.002 | 0.016 | 0.02 | 0.015 | 0.005 |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chloride . . . . . | Spur | Spur | Spur | Spur | 4.2 | l. Spur |
| Sulfate . . . . . | Spur | Spur | Spur | Spur | Spur | d. Reakt. |

Was den Gehalt dieser Quellen an gelösten festen Stoffen anlangt, so ist darauf zu verweisen, daß das Gesteinsmaterial zur Hauptsache aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia besteht, Verbindungen, die im Sickerwasser, das immer geringe Mengen von Kohlensäure von der Oberfläche mit sich führt, schwach löslich sind. Der Hauptcharakter der Quellen aus Dolomiten und Kalken der Trias in bezug auf ihre chem. Beschaffenheit ist demnach durch den Gehalt an kohlensaurem Kalk (bez. Magnesia) bedingt, der oft den ganzen Mineralgehalt allein ausmachen kann.

Die Menge der Chloride, organischen Substanz und des Ammoniaks ist durchwegs sehr klein, die der Sulfate dagegen je nach Örtlichkeit schwankend.

b) Quellen aus Rauhwacken und Gipsen der Trias nehmen unter den bündnerischen Triasquellen eine eigentümliche Stellung ein und haben einen ganz besondern Charakter.

Da die Rauhwacke nur lokale Einlagerungen von geringer Dicke in oder unter Dolomit bildet, kann sie von sich aus kaum quellbildend sein. Wenn aber Sickerwasser auf seinem unterirdischen Lauf auf Rauhwacke stößt, so laugt es Gips, der im Wasser leicht löslich ist, aus und wird dadurch je nachdem zu einem außergewöhnlich harten Wasser oder sogar zu einem eigentlichen Mineralwasser (Bitterquelle). Solche Quellen sind auf der linken Talseite des Oberengadins, in der Gegend von Wiesen, Alvaneu, Bergün und auch in der Umgebung von Vals keine Seltenheit.

**Analysen von reinen Quellwassern aus Rauhwacken und Gipsen der Trias.**

| | mg in 1 Liter | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Alvaneu | St. Moritz | Surava | Zuoz |
| Trockenrückstand . . . | 626.0 | 1652.0 | 745.0 | 1407.0 |
| Glührückstand . . . . | 531.0 | 1382.0 | 638.0 | 1103.0 |
| Alkalität . . . . . | 207.5 | 117.5 | 160.0 | 50.0 |
| Oxydierbarkeit . . . . | 3.44 | 1.81 | 2.03 | 1.64 |
| Freies Ammoniak . . . | 0 | 0.03 | 0.02 | 0 |
| Album. Ammoniak . . . | | 0.015 | 0.03 | |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chloride . . . . . | Starke Reaktion | Spur | Spur | deutliche Reaktion |
| Sulfate . . . . . | „ „ | sehr starke Reakt. | sehr starke Reakt. | sehr starke Reakt. |

Die vorstehend angeführten Quellen sind durchwegs dadurch gekennzeichnet, daß sie große Mengen schwefelsaures Calcium (Gips) in Lösung enthalten. Die übrigen Mineralbestandteile richten sich nach dem Gestein, welches die Quelle außer der Rauhwacke zur Hauptsache durchsickert hat.

c) Quellen aus Bündnerschiefer und Gipsen derselben.

Der Bündnerschiefer ist ein stark geschichtetes, oft bis zu dünnen Platten gepreßtes Gestein. Er ist im weiteren gegenüber Einflüssen von Luft und Wasser wenig widerstandsfähig. Er verwittert nicht nur oberflächlich außergewöhnlich stark, sondern zerfällt und zerbröckelt auch in seinen tieferen Schichten. Alle diese Verhältnisse begünstigen in hohem Maße einerseits das Einsickern der Niederschläge in das Gestein, anderseits das langsame Vordringen des Sickerwassers in den Gesteinsschichten, wobei das Wasser vielfach filtriert, geklärt und gelagert wird. Zahlreiche Verwerfungen und Verschiebungen der Schichten und dadurch hervorgerufene Spaltenbildungen ermöglichen endlich den Sickerwassern, sich anzusammeln, sich zu stauen. Dadurch sind mannigfache Gelegenheiten zur Quellbildung gegeben.

Vorausgestzt, daß der unterirdische Quellauf genügend tief liegt, sollte daher der Bündnerschiefer hygienisch einwandfreie Quellwasser liefern können.

Es ist mir eine Beobachtung bekannt, die über die Zeit, welche das Wasser braucht, um Schichten des anstehenden Bündnerschiefers zu durchdringen, Aufschluß geben kann. Eine Gemeinde bezieht ihr Wasser aus Quellen, welche je nach Belieben mit einem 200 Meter höher oben fließenden Bach in Verbindung gebracht werden können. Die Quellen stehen den Sommer und Herbst hindurch in keinem Zusammenhang mit dem Bach. Wenn sie aber im Winter im Ertrag mehr und mehr zurückgehen und drohen, ganz zu versiegen, dann wird der Bach in der Höhe, der zu dieser Zeit übrigens ganz rein fließen wird, so abgeleitet, daß er im Einzugsgebiet der Quellen versickert. Jeweilen genau acht Tage, nachdem die Versickerung des Bachwassers in die Wege geleitet worden ist, nimmt der Ertrag der 200 m tiefer liegenden Quellen plötzlich und erheblich zu. Das Bachwasser braucht in diesem Falle acht Tage, bis es eine Bündnerschieferschicht von 200 m Mächtigkeit durchsickert hat. Es soll damit nicht gesagt sein, daß das immer so sei, nicht einmal, daß der Wasserlauf im Bündnerschiefer in der Regel die angegebene Geschwindigkeit des Sickerwassers

habe. Trotzdem lassen sich aus der Beobachtung gewisse Anhaltspunkte gewinnen.

Mit der leichten Verwitterbarkeit des Schieferfelsens steht im weiteren die für die Quellbildung und Klärung wichtige Erscheinung im Zusammenhang, daß der Fuß der Bündnerschieferberge mit breiten und tiefen Schuttablagerungen umgeben sind, die selbstverständlich ihrerseits nochmals die Möglichkeit der Quellbildung erhöhen und im allgemeinen für vorzügliche Filtration des Wassers Gewähr bieten. So sind denn auch in diesem Gesteinsgebiete die Schuttquellen häufig, daneben haben aber auch die Schichtquellen und namentlich Quellen aus Verwerfungsspalten Verbreitung.

Aus den vorstehenden Auseinandersetzungen muß man den Eindruck gewinnen, daß der Bündnerschiefer dem eingedrungenen Wasser, auch was Löslichkeitsverhältnisse betrifft, weniger Widerstand leisten kann als die reinen Silikatgesteine. Die nachfolgenden Analysen beweisen das. Der Bündnerschiefer ist ein Kalktonschiefer mit zahlreichen, unregelmäßig verlaufenden Einlagerungen von Quarz, Kalk, Sandstein und anderen Einschlüssen, unter denen namentlich Gips zu nennen ist, und findet sich daher in vielen, voneinander verschiedenen Ausbildungen vor. Demgemäß tritt uns in den Analysen der ihm entspringenden Quellen nicht die Eintönigkeit entgegen, welche wir namentlich bei den Quellen der Massengesteine nachgewiesen haben.

Zum Bündnerschiefergebiete gehören die rechtseitigen Täler des Rheins von Ilanz aus abwärts (Lugnez, Saviental, Domleschg, Churwalden, Schanfigg und Prätigau), die linke Talseite des Unterengadins von Schuls aus abwärts und das Samnaunertal.

## Analysenresultate von reinen Quellwassern aus dem Gebiete der Bündnerschiefer.

| | mg in 1 Liter | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Thusis | Versam | Riein | Trimmis | Saas | Samnaun | Sent |
| Trockenrückstand . . | 268.0 | 256.0 | 276.5 | 279.5 | 147.5 | 238.5 | 300.0 |
| Glührückstand . . . | 251.0 | 224.0 | 263.5 | 257.6 | 141.0 | 228.0 | 250.0 |
| Alkalität . . . . . | 210.0 | 207.0 | 210.5 | 182.5 | 106.5 | 186.5 | 234.0 |
| Oxydierbarkeit . . . | 5.0 | 4.1 | 3.95 | 2.37 | 2.59 | 3.9 | 2.43 |
| Freies Ammoniak . . | 0.02 | 0.004 | 0.008 | 0.04 | 0.002 | 0.03 | 0.008 |
| Album. Ammoniak . | 0.05 | 0.008 | 0.006 | 0.06 | 0.008 | 0.04 | 0.004 |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chloride . . . . . | d. Reaktion | Spur | d. Reaktion | d. Reaktion | Spur | Spur | l. Spur |
| Sulfate . . . . . | d. Reaktion | d. Reaktion | d. Reaktion | st. Reakt. | d. Reaktion | d. Reaktion | d. Reaktion |

Aus den hier angeführten und aus einigen hundert in unserem Laboratorium eingeschriebenen Analysen ergibt sich über die Zusammensetzung dieser Quellwasser ungefähr folgendes:

In Quellwassern aus Bündnerschiefer, die im Zustande, wie sie den Fels verlassen, zur Untersuchung gelangten, sind weder salpetersaure, noch salpetrigsaure Salze nachgewiesen worden. Organische Substanzen und Ammoniak dagegen sind immer zugegen, vielfach auch in größerer Menge als bei den Eruptivgesteinen. Ammoniak haben wir, freilich nur ausnahmsweise, schon in durchaus reinen Quellen, bei denen nach den örtlichen Verhältnissen jede Verunreinigung des Wassers ausgeschlossen war, in Mengen nachgewiesen, die weit über der im Lebensmittelbuch für Trinkwasser als zulässig angesehenen Maximalmenge liegen. Die genauere Untersuchung dieser Fälle hat dargetan, daß der Bündnerschiefer stellenweise Ammoniaksalze enthält, die durch das Sickerwasser herausgelöst werden können. Zur Zeit seiner Ablagerung muß der Bündnerschiefer je nach der Örtlichkeit auch pflanzliche Reste eingeschlossen haben. Im Verlauf der Jahrtausende sind diese in Kohle übergegangen und haben dadurch dem Gesteine seine graue Farbe gegeben. Mit diesem Vorgang muß wohl das auf gewisse Örtlichkeit beschränkte Vorkommen von Ammonverbindungen im Zusammenhange stehen.

Der Gesamtmineralgehalt ist in der Regel höher als bei den bisher genannten Quellgruppen. Er sinkt nur ganz ausnahmsweise unter 150 mg pro Liter und beträgt im Mittel 250 mg im Liter. Eine obere Grenze dafür läßt sich überhaupt nicht festlegen, indem unter den Quellen des Schiefergebirges auch die Übergänge vom Süßwasser bis zum Mineralwasser und die letztern nachgewiesen sind.

Während sodann in der ersten Quellgruppe in bezug auf die qualitative Zusammensetzung des Mineralgehaltes völlige Eintönigkeit herrscht und im wesentlichen nur zwei Mineralbestandteile (Kalk und Gips, d. h. kohlensaures und schwefelsaures Calcium) in beinahe immer dem gleichen Verhältnis vorkommen, herrscht hier große Abwechslung. Vorherrschend ist zwar wieder der kohlensaure Kalk; daneben ist immer der schwefelsaure Kalk vertreten, aber in Mengen, die je nach Herkunft des Wassers, beziehungsweise nach der lokalen Beschaffenheit des Gesteins stark schwanken. In Bündnerschiefer mit Gipseinlagerungen kann selbstverständlich der Gehalt der Quellwasser an Gips hoch steigen. Chloride sind ebenfalls durchwegs vertreten, auch sie in ungleich großen Mengen.

Wie ich nebenbei, allerdings bisher nur in wenigen Fällen, zu beobachten Gelegenheit hatte, sind die Alkalimetall- und Magnesium-Verbindungen in den Wassern des Schiefers auch ausnahmslos zugegen und machen zuweilen einen nicht unwesentlichen Bestandteil derselben aus. In gewissen Gegenden sind auch Eisenverbindungen im Wasser keine Seltenheit.

Fassen wir die gemachten Beobachtungen kurz zusammen, so ergeben sich für die Quellwasser aus der Zone der Bündnerschiefer folgende Merkmale ihrer chem. Beschaffenheit: immer erheblicher, freilich schwankender Mineralgehalt; Härte durchschnittlich 25° (französische Härtegrade); qualitative Zusammensetzung des Trockenrückstandes, namentlich auch der Gehalt an Chloriden und Sulfaten, von der örtlichen Ausbildung des Schiefers abhängig; Ammoniakgehalt im allgemeinen niedrig, ausnahmsweise von den örtlichen Gesteinsverhältnissen beeinflußt; salpetersaure und salpetrigsaure Verbindungen abwesend.

Im Anschluß an diese Feststellungen zwischen Gestein und Wasser führe ich hier noch einige Beispiele verschiedenartiger Quellen, welche auf engem Gebiete entspringen, an.

Ich wähle dazu die Gegend linkseitig vom Inn, von St. Moritz aus talabwärts bis Zuoz, und zwar aus zwei Gründen. Einmal, weil diese Gegend geologisch gründlich durchstudiert ist (ich verweise diesbezüglich auf die Arbeiten von K. Zoeppritz[1] und von H. P. Cornelius[2]), und dann auch, weil wir Gelegenheit hatten, eine große Zahl der darin entspringenden Quellen zu analysieren.

Aus den geologischen Verhältnissen der nördlichen Umgebung von St. Moritz fällt für uns etwa folgendes in Betracht:

Das kristalline Grundgebirge ist hier im wesentlichen vertreten durch Albulagranit und grünlichen Gneiß granitischen Ursprungs. Von den Sedimenten sind vorherrschend:

aus der Trias: die gelb- bis graugefärbten Rauhwacken mit ihrer zelligen Struktur und Gipseinlagerungen, und der hellgraue bis schwarze Hauptdolomit;

aus dem Jura: der dunkle Liaskalk und Liasschiefer (ein kalkiger Schiefer mit Tongehalt).

aus der Kreide: die Saluvergesteine.

Ebenso mannigfaltig wie die Gesteinsarten ist die chemische Beschaffenheit der Quellen, deren Charakter je nach ihrem Einzugsgebiet stark wechselt. Man findet in unmittelbarer Nähe von St. Moritz sehr weiche Quellen, dann wiederum solche, bei denen die Alkalität fast den ganzen Glührückstand ausmacht, schwache und starke Gipswasser, endlich auch die verschiedensten Übergänge von einer Quellart zur andern. Die nachfolgende Tabelle gibt die chemische Beschaffenheit von fünf Quellen an, die unweit voneinander zutage treten. In solchen Gegenden ist selbstverständlich auch die Bestimmung des Einzugsgebietes

---

[1] Karl Zoeppritz, Geologische Untersuchungen im Oberengadin zwischen Albulapaß und Livigno. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. B. XVI. Band 1906.

[2] H. P. Cornelius, Über die Statigraphie und Tektonik der sedimentären Zone von Samaden. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge XLV. Lieferung 1914.

an Hand von Analysenzahlen und sorgfältig ausgeführten geologischen Karten und Profilen möglich.[1]

**Quellwasser aus der Nordseite von St. Moritz.**

| | mg in 1 Liter | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Krist. Grundgebirge | | Kalk u. Dolomit | Kalk u. Rauhwacke | |
| Trockenrückstand . . | 56.0 | 63.0 | 194.0 | 1804.6 | 624.0 |
| Glührückstand . . . . | 45.0 | 50.0 | 155.0 | 1522.0 | 526.0 |
| Alkalität . . . . . | 32.5 | 49.0 | 154.0 | 115.0 | 142.0 |
| Oxydierbarkeit . . . | 3.22 | 2.24 | 4.2 | 3.17 | 0.6 |
| Freies Ammoniak . . | 0.002 | 0.02 | 0.018 | 0.008 | 0.003 |
| Album. Ammoniak . . | 0.015 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.004 |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chloride . . . . . | Spur | Spur | leise Spur | Spur | leise Spur |
| Sulfate . . . . . | „ | „ | Spur | sehr st. Reakt. | starke Reaktion |

Ein interessantes Vorkommnis findet sich sodann in der Gegend von Samaden.

Am Südabhang des Piz Padella in der Gegend Pro Schimun entspringt auf 2100 m Höhe eine Schichtquelle. Über ihr liegt durchrissener Dolomit, welcher auf Mergelschiefer lagert. Die Quelle erscheint an der Kontaktstelle des Dolomits und Schiefers und ist eine typische Triasquelle. (Siehe nachfolgende Tabelle 1.) Unter dieser, direkt über dem Dorfe Samaden, befindet sich eine weitere Quellgruppe. Der Wasserträger derselben ist Rauhwacke mit Gips, welche auf Casannaschiefer aufliegt (2 u. 3). Wie verschieden diese Wasser beschaffen sind, ergibt sich aus der folgenden Tabelle, auf welcher auch eine Teilanalyse des Grundwassers der Talebene Champagna (4) angeführt ist. Hier fließt das Wasser durch einen Gletscherboden aus Kies und Sand, welcher sein Material im wesentlichen vom Grundgebirge der rechten Talseite bezogen hat.

[1] In meinem Vortrag bin ich dieser Frage an Hand von geologischen Unterlagen aus der angeführten Publikation von Cornelius genauer nachgegangen. Hier ist das leider nicht möglich, und ich muß mich damit begnügen. einige Quellanalysen aus dem Gebiete anzuführen und auf die vorzügliche geologische Arbeit von Cornelius, insbesondere auch auf die derselben beigegebenen Querprofile, zu verweisen.

## Quellwasser in der Gegend von Samaden.

| | mg in 1 Liter | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 Pro Schimun | 2 Quellen direkt über dem Dorfe | 3 | 4 Grundwasser in Champagna |
| Trockenrückstand . . . | 193.0 | 960.2 | 1084.6 | 131.0 |
| Glührückstand . . . . | 164.0 | 786.2 | 880.2 | 112.6 |
| Alkalität . . . . . | 115.0 | 110.0 | 112.0 | 75.0 |
| Oxydierbarkeit . . . . | 2.8 | 1.9 | 2.17 | |
| Freies Ammoniak . . . | 0.009 | 0.012 | 0.018 | |
| Album. Ammoniak . . . | 0.013 | 0.006 | 0.007 | |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | |
| Chloride . . . . . | 3.5 | 7.7 | 4.9 | |
| Sulfate . . . . . | deutliche Reaktion | sehr st. Reaktion | sehr st. Reaktion | |

Noch größere Mannigfaltigkeit weisen die Quellen der Gegend von Zuoz auf. Direkt über Zuoz ist Rauhwacke, welche talaufwärts über Rötidolomit liegt. Über der Rauhwacke liegt Liasschiefer bezw. Lias in Fleckenmergelfacies, hoch oben stehen Gneiß und kristalline Schiefer an. Genaueres über die Geologie dieses Gebietes ergibt sich aus der schon zitierten Arbeit von Karl Zoeppritz, in welcher auch eine detaillierte geologische Karte und eine Anzahl von Profilen dieser Gegend zu finden sind, in denen die durch die Analysen nachgewiesenen Quellzusammensetzungen ihre geologische Erklärung finden.

## Quellwasser aus der Gegend nördlich von Zuoz.

| | mg in 1 Liter | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Rauhwacke u. kristallin. Gebirge | Röti-Dolomit und Rauhwacke | Trias Haupt-dolomit | Lias | Gneiß | Gneiß mehr oberfl. |
| Trockenrückstand . . | 1402.0 | 745.0 | 289.5 | 95.5 | 66.6 | 36.0 |
| Glührückstand . . . | 1125.0 | 686.0 | 271.5 | 83.5 | 56.0 | 32.0 |
| Alkalität . . . . . | 25.0 | 120.0 | 225.0 | 75.0 | 45.5 | 22.5 |
| Oxydierbarkeit . . . | 5.1 | 1.94 | 2.64 | 2.89 | 2.13 | 2.66 |
| Freies Ammoniak . . | 0.01 | 0.01 | 0.002 | 0.012 | 0.002 | 0.02 |
| Album. Ammoniak . | | | 0.005 | 0.008 | 0.008 | |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chloride . . . . . | d. Reak. | Spur | l. Spur | l. Spur | l. Spur | l. Spur |
| Sulfate . . . . . | s. st. R. | st. Reakt. | d. Reakt. | d. Reakt. | d. Reakt. | Spur |

In gewissen Kantonsgebieten stoßen die verschiedenartigen im vorhergehenden aufgezählten Gesteinstypen regellos durcheinander. Wenn der Wanderer in solchen Gegenden nach mühsamem Aufstieg einen Berggipfel erreicht hat, bietet sich seinem entzückten Auge ein Landschaftsbild dar, das in seiner Mannigfaltigkeit der Formen und Farben einen unvergleichlichen Eindruck hinterläßt. Da sieht er die terrassenförmig sich aufbauenden, steilen, wilden Felswände der Kalk- und Dolomitgebirge, deren bald graue, bald rote Spitzen in das tiefe Blau des Himmels hineinragen. Er sieht die meist düster gefärbten, scharfzackigen Gräte des kristallinen Schiefers und die klotzigen, eckigen Riesenblöcke des Granitgesteins, daneben wieder die runden Formen des Bündnerschiefergebirges, durchzogen von eigenartigen, lieblichen Tälern.

Mit den verschiedenen äußeren Formen sind, wie ich zu zeigen versucht habe, auch verschiedene Quellverhältnisse verbunden. Die Quellen, welche aus dem geheimnisvollen Innern der Berge zutage treten, die Bäche, die wie Silberfäden die Abhänge schmücken, ihr Auftreten, ihre Beschaffenheit, ihr Gehalt, alles das steht im engeren Zusammenhang mit der chem. Beschaffenheit des Felsens, aus dem sie herausfließen.

* * *

Nachdem ich im vorausgehenden auf die Beschaffenheit von reinen Quellwassern verschiedener Herkunft und verschiedener Art eingegangen bin, will ich im folgenden der Frage näher treten, unter welchen Umständen und in welcher Weise die Quelläufe verunreinigt werden können, und dann namentlich auch darlegen, wie es möglich ist, daß das Quellwasser zum Infektionsträger wird.

Schon eingangs ist erwähnt worden, daß unter den Infektionskrankheiten nur eine bestimmte Gruppe durch Wasser verbreitet werden kann, nur solche wie Typhus, Ruhr, Cholera, also ausschließlich Darmkrankheiten. Die Bakterien dieser Krankheiten leben im Darm und werden sozusagen ausschließlich mit den Abgangsprodukten ausgeschieden. Wer scheidet die Infektionsstoffe aus?

Natürlich in erster Linie die von der betr. Krankheit Befallenen. Dadurch, daß bei nachgewiesenen Darminfektionen die nötigen Vorkehrungen zur Isolierung des Kranken und genügender Desinfektion seiner Ausscheidungen und seiner Umgebung getroffen werden, kann die Ausbreitung der Krankheit durch Übertragung vom Kranken auf Gesunde eingeschränkt werden. Allein der Anfang einer Infektion läßt sich dadurch nicht vermeiden. Nun ist im weitern durch wissenschaftliche Untersuchungen festgestellt, daß nicht nur Kranke Typhus-Bakterien verbreiten, sondern auch Gesunde. Von denjenigen, die den Typhus überstanden haben, sind 2—4% nach vollständiger Heilung noch jahrelang im Falle, das zu tun; es sind die sogenannten Bazillenträger; unter ihnen sind solche bekannt geworden, die 40 Jahre lang Typhusbakterien ausgeschieden haben. Berücksichtigen wir das, dann bedeuten in erster Linie die Abtrittsgruben und Ställe eine ständige Infektionsgefahr für die Quellen. Aber auch die Abwässer aus dem menschlichen und tierischen Haushalt, die gedüngten Wiesen, ja sogar die schwach begangenen höheren Weiden können die betr. Krankheitskeime in sich bergen. Es ist richtig, daß die große Mehrzahl der Bakterien, welche von menschlichen Wohnungen aus auf die angedeutete Art verbreitet werden, rasch absterben, leider aber nicht alle. Bei der Haltbarkeit einzelner Keime spielen Zufälligkeiten eine große Rolle, so daß sie unter Umständen monatelang lebenskräftig bleiben können. Es ist möglich, daß zwar gerade in Gebirgsgegenden die Verhältnisse für das Fortkommen der Bakterien nicht günstig sind. Trockene Luft, Wind, die dadurch bedingte Beschaffenheit des Bodens, starke Insolation tagsüber und intensive Abkühlung nachts sind schlechte Existenz-Bedingungen für Bakterien, die vorher in für sie äußerst günstigen Umständen gelebt haben, und erschweren ihr Fortkommen. Und dennoch wird man gut tun, sich in den Vorkehrungen, die man gegen die Verbreitung von Krankheiten durch Trinkwasser trifft, nicht auf solche Zufälligkeiten zu verlassen. Man wird sich besser auf den Standpunkt stellen, daß alles Abwasser von Haus und Hof, in geringerem Maße aber auch alle oberflächlichen Schmutzwasser überhaupt, einen Quelllauf gefährden und ihn zum Überträger von gewissen Infektions-

krankheiten machen können; freilich können nicht müssen; denn, wenn die Krankheitserreger, die Bakterien, im Oberflächenwasser fehlen, wird selbstverständlich auch das schmutzigste Wasser ohne Ansteckungsgefahr genossen werden können. Das ergibt sich übrigens auch aus unseren Erfahrungen und den Berichten der Lebensmittelinspektoren. In diesen Fällen spielt eben der glückliche Zufall eine Rolle; die Gefahr aber, daß der Genuß der betreffenden Wasser doch einmal verhängnisvoll werden kann, ist und bleibt fortgesetzt vorhanden. Für den reinlichen Menschen hat übrigens schon der Gedanke, daß sein Trinkwasser durch Fäulnisstoffe verunreinigt ist, etwas Widerwärtiges und Beängstigendes.

Die Hauptanforderung an ein Quellwasser, das zum regelmäßigen Genuß für Menschen bestimmt ist, soll daher die sein, daß es auf seinem unterirdischen Lauf nirgends Gelegenheit habe, durch unsaubere Oberflächenwasser verunreinigt zu werden. Genügt ein Quellwasser dieser Anforderung, dann ist nicht nur jede direkte Infektionsgefahr beim Genuß desselben ausgeschlossen, dann wird das Wasser auch zu dem, was es sein soll, zu einem appetitlichen und ausgezeichneten Erfrischungsgetränk.

Im folgenden sollen nun die wichtigeren Mittel besprochen werden, welche uns zu Gebote stehen, um zu entscheiden, ob ein Quellauf von der unsauberen Erdoberfläche, speziell auch von den Abwassern des Haushaltes, genügend abgeschlossen ist. Es sind dabei besonders hervorzuheben die Messung der Quelltemperatur, die Beobachtung der sinnfälligen Eigenschaften des Wassers, die chemische Analyse, die bakteriologische Wasseruntersuchung und die Feststellung der örtlichen und geologischen Quellverhältnisse. Die darauf gestützte Beurteilung von Trinkwasser muß sich auf genaue Kenntnis vieler Einzelheiten und vor allem auch auf ein möglichst vielseitiges, aus den Quellgegenden gesammeltes Erfahrungsmaterial stützen. Sie kann daher nur Sache eines Fachmannes sein. Von allgemeinem Interesse sind einige Leitlinien. Solche sollen hier kurz Erwähnung finden.

1. Temperatur.

Die Messung der Temperatur einer Quelle ist ein sehr einfaches, wenn auch wenig empfindliches Mittel zur Entscheidung dieser Frage. Die Temperatur der Erdoberfläche ist freilich großen Schwankungen unterworfen; dagegen wird von einer gewissen Tiefenstufe an die Bodentemperatur von den Jahreszeiten vollständig unabhängig, konstant. Das dürfte erstmalig in einer Tiefe von 20—30 m der Fall sein. Die Bodentemperatur ist dort gleich der mittleren Jahrestemperatur des betr. Ortes und nimmt dann mit der Entfernung von der Erdoberfläche ziemlich regelmäßig zu. Passiert Sickerwasser langsam die Gesteine, so findet ein Temperaturausgleich statt, d. h. das Wasser nimmt die Gesteins- bezw. die Bodentemperatur an; Wasser, dessen Lauf tiefer als 30 m liegt, und das von rasch zufließenden Oberflächenwassern ganz abgeschlossen ist, hat daher eine konstante Temperatur. „Es muß im Sommer kühl und im Winter warm sein", sagt ein alter Volksglaube.

Die Untersuchung, ob das so ist, stützt sich begreiflicherweise auf periodisch durchgeführte Messungen der Quelltemperatur, welche, wenn sie sich über einen großen Zeitraum ausdehnen, und namentlich dann, wenn sie mit anderen Feststellungen über die Quelle verglichen werden, auch sonst wichtige Aufschlüsse über den unterirdischen Lauf des Wassers und seine Beziehungen zu den Niederschlägen geben können. Eine Messung sagt uns darüber nichts. Daß aber auch eine einzige Temperaturangabe schon gewisse Schlußfolgerungen über eine Quelle zulassen kann, zeigt folgende Überlegung:

Im Sommer nimmt die Bodentemperatur von der Erdoberfläche an mit zunehmender Tiefe zunächst ab bis die Zone der konstanten Bodentemperatur erreicht ist. Von hier aus steigt sie mit der Entfernung von der Oberfläche. Im Boden wiederholen sich somit die Temperaturgrade, welche zwischen der Erdoberflächentemperatur und der mittleren Jahrestemperatur des betreffenden Ortes sind, zweimal. Im Winter ist das nicht der Fall. In dieser Jahreszeit nimmt die Bodentemperatur von der Erdoberfläche an gegen die Tiefe, wenn auch nicht regel-

mäßig, so doch stetig zu.[1] Nun wurde beispielsweise im Oktober die Temperatur einer Quelle auf ca. 2000 m ü. M. zu 3.5°, diejenige einer benachbarten ungefähr gleich starken zu 2.7° und die des Baches zu 0.75° gefunden. Daraus kann geschlossen werden, daß die zwei Quellen nicht aus großer Tiefe kommen, und daß die zuerst genannte den tieferen Lauf hat.

2. Farbe, Klarheit, Geruch, Geschmack und Bodensatzbildung.

Diese Faktoren geben natürlich auch Anhaltspunkte zur Beurteilung eines Quellwassers. Trinkwasser soll geruchlos, reinschmeckend und immer, selbst nach starken Niederschlägen, absolut klar und farblos sein.

3. Die chemische Analyse.

Die Beurteilung eines Quellwassers auf Grund der Ergebnisse der chemischen Analyse beruht im wesentlichen auf folgenden Tatsachen und Überlegungen:

Die Niederschläge im Gebirge dürfen als ziemlich reines Wasser angesehen werden. Sickern sie in den Boden, so lösen sie in den durchflossenen Gesteinen gewisse Stoffe auf. Sind diese für ein bestimmtes Gestein und für eine bestimmte Örtlichkeit nach Art und Menge bekannt, so ist damit auch die chem. Beschaffenheit des reinen Quellwassers für das betreffende Gebiet gegeben. Die möglichst eingehende Kenntnis derselben ist freilich die unerläßliche Grundlage der chemischen Wasserbeurteilung. Jede Quelle, deren Zusammensetzung mit der geologischen Beschaffenheit des durchflossenen Gebietes im Widerspruch steht, erweckt Verdacht und kann nicht ohne weiteres günstig beurteilt werden.

Enthält ein Quellwasser keinerlei Verunreinigungen, weist es aber die Mineralbestandteile, welche es dem durchsickerten Gestein entziehen kann, in zu geringer Menge auf, so ist der Verdacht gerechtfertigt, daß es sich um einen kurzen, eventuell oberflächlichen Quellauf handelt, wobei das Sickerwasser das Gestein rasch und ohne Filtration durchdringt. Es besteht daher keine Garantie für bleibende Reinheit des betreffenden Wassers.

---

[1] Diese Verhältnisse sind im Vortrag an Hand einer graphischen Darstellung erläutert worden.

Tritt das Umgekehrte ein, sind Stoffe nachweisbar, welche unmöglich vom Gestein herrühren, oder ist anderseits die Menge eines Stoffes aus der betreffenden Gesteinsart einfach nicht zu erklären, dann muß angenommen werden, daß eine Beimischung von Oberflächenwasser vorliegt. Letztere ist, besonders wenn es gefährlich verunreinigt ist, an bestimmten, darin gelösten Stoffen kenntlich. Das Oberflächenwasser enthält organische Stoffe, Fäulnisstoffe und ihre Zersetzungsprodukte, darunter Ammoniak, Nitrate und Nitrite, das Abwasser von Haus und Hof daneben noch Chloride, Sulfate und Karbonate.

Wie wir gesehen haben, sind mit Ausnahme der Nitrate und Nitrite alle diese Stoffe auch in reinen Wassern nachgewiesen; allein, und darauf kommt es an, bei ihnen nur in ganz geringen, beim Oberflächenwasser in bedeutend höhern Quantitäten. Somit ist die Beeinflussung einer Quelle durch Oberflächenwasser aus den Analysenzahlen zu erkennen. Insbesondere muß erwähnt werden, daß ein ungewöhnlich hoher Gehalt an Chloriden und in gewissen Fällen auch an Sulfaten auf direkten Zusammenhang mit Abwasser aus menschlichem Haushalt hindeuten. Den übrigen Bestandteilen kommen im einzelnen verschiedene Deutungen zu; es kann jedoch an dieser Stelle nicht näher darauf eingetreten werden. Ein paar Beispiele dürften das Gesagte immerhin etwas verdeutlichen.

**Analysenresultate von beanstandeten Quellwassern aus dem Gebiete der Massengesteine und der krist. Schiefer.**

| | mg in 1 Liter | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1<br>1097/15 | 2<br>811/09 | 3<br>622/08 | 4<br>858/16 | 5<br>1176 13 | 6<br>839/16 |
| Trockenrückstand . . | 30.5 | 23.0 | 25.5 | 36.5 | 72.0 | 112.6 |
| Glührückstand . . . | 26.0 | 12.0 | 17.0 | 27.5 | 50.0 | 100.0 |
| Alkalität . . . . . | 14.0 | 10.0 | 6.5 | 17.5 | 49.0 | 98.5 |
| Oxydierbarkeit . . . | 2.38 | 21.8 | 8.74 | 3.52 | 51.25 | 11.18 |
| Freies Ammoniak . . | 0.028 | 0.05 | 0.06 | 0.012 | 0.15 | 0.07 |
| Album. Ammoniak . . | 0.038 | 0.032 | 0.012 | 0.0136 | 0.31 | 0.05 |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | d. Reakt. |
| Chloride . . . . . | l. Spur | d. Reakt. | Spur | d. Reakt. | d. Reakt. | Spur |
| Sulfate . . . . . | „ „ | Spur | „ | „ „ | „ „ | „ |

Unter Nr. 1 ist die Analyse eines Wassers angeführt, das in bezug auf die Menge der darin nachgewiesenen Fäulnisstoffe und deren Zersetzungsprodukte den Anforderungen des schweizerischen Lebensmittelbuches entspricht. Der Gesamtgehalt an gelösten Mineralstoffen, insbesondere der Gehalt an Kalk, ist jedoch derart niedrig, daß auf einen kurzen oder oberflächlichen Lauf des Wassers geschlossen werden muß. Eine Verunreinigung ist zwar mit den vorliegenden Zahlen nicht nachgewiesen, sie erscheint aber leicht möglich. So lange nicht die Ergebnisse einer Reihe von Analysen vorliegen, zu welchen die Proben zu verschiedenen Zeiten und unter möglichst verschiedenen meteorologischen Bedingungen entnommen worden sind, und durch welche eine Verunreinigung als ausgeschlossen erscheint, kann ein solches Wasser nicht zur Trinkwasserversorgung empfohlen werden.

Nr. 2. Der zu geringe Mineralgehalt deutet auf oberflächlichen Lauf. Daß die Quelle zur Zeit der Probeentnahme mit schmutzigem Oberflächenwasser verunreinigt war, zeigt sich aus drei Faktoren: die Oxydierbarkeit ist hoch, der Gehalt an Ammoniak höher als bei reinen Quellen, die deutliche Reaktion auf Chloride weist speziell auf die Beimischung von gefährlichem Abwasser hin.

Nr. 3. Die Quelle hat zu wenig Mineralstoffe. Der Gehalt an organischen Stoffen und an Ammoniak ist der Beweis für den Zusammenhang der Quelle mit unsauberem Wasser.

Nr. 4. Hier ist der zu hohe Gehalt an Chloriden auffällig. Die Quelle erweist sich auf Grund der Zahlenangaben sonst als normal.

Nr. 5. Ein Beispiel einer stark und gefährlich verunreinigten Quelle, wie wir sie im Kanton glücklicherweise selten finden. Der direkte Zusammenhang mit dem Abwasser ist aus den Zahlen deutlich zu erkennen.

Nr. 6. Die Quelle hat für das betr. Gestein einen hohen Mineralgehalt. Der Zusammenhang mit der unreinen Oberfläche ergibt sich aus den Zahlen für Oxydierbarkeit und Ammoniak, sowie aus dem Ausfall der Reaktion auf Nitrate.

In gleicher Weise folgen nun ein paar Beispiele von unreinen Wässern aus andern Gesteinsarten. Ein Kommentar ist nicht mehr nötig.

**Analysenresultate von unreinen Quellwassern aus Dolomiten und Kalken der Trias.**

| | mg in 1 Liter | | |
|---|---|---|---|
| | | 674/14 | 369/15 |
| Trockenrückstand . . . . . | 168.5 | 304.0 | 216.0 |
| Glührückstand . . . . . | 133.0 | 290.0 | 168.5 |
| Alkalität . . . . . | 132.5 | 205.0 | 165.0 |
| Oxydierbarkeit . . . . . | 7.65 | 11.7 | 14.0 |
| Freies Ammoniak . . . . . | 0.002 | 0.041 | 0.11 |
| Album. Ammoniak . . . . . | 0.07 | 0.065 | 0.27 |
| Nitrite . . . . . | 0 | 0 | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | 0 | nachweisbar |
| Chloride . . . . . | Spur | starke Reakt. | starke Reakt. |
| Sulfate . . . . . | deutl. Reakt. | deutl. Reakt. | „ „ |

**Analysenresultate von unreinen Quellwassern des Bündnerschiefer-Gebietes.**

| | mg in 1 Liter | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 345/11 | 681/14 | 968/15 | 204/09 |
| Trockenrückstand . . . | 397.0 | 331.5 | 373.0 | 238.0 |
| Glührückstand . . . . | 364.0 | 287.5 | 287.0 | 186.0 |
| Alkalität . . . . . | 335.0 | 283.0 | 275.0 | 170.0 |
| Oxydierbarkeit . . . . | 6.34 | 8.34 | 8.9 | 20.4 |
| Freies Ammoniak . . . | 0.02 | 0.076 | 0.072 | 0.04 |
| Album. Ammoniak . . . | 0.09 | 0.084 | 0.044 | |
| Nitrite . . . . . | 0 | nachweisb. | nachweisb. | 0 |
| Nitrate . . . . . | 0 | „ | „ | 0 |
| Chloride . . . . . | deutl. Reakt. | deutl. Reakt. | deutl. Reakt. | deutl. Reakt. |
| Sulfate . . . . . | „ „ | „ „ | „ „ | „ „ |

Die angeführten Beispiele zeigen, wie aus den Differenzen zwischen bekannten reinen und neu zu beurteilenden Quellen der Zufluß von unsauberem Wasser sich in ganz bestimmten Zusammensetzungsverhältnissen kund geben kann. Wo die Verunreinigung stattfindet, darüber gibt freilich die Analyse meisteins keinen Aufschluß.

Für den Nachweis und die Bestimmung von Fäulnisstoffen und Zersetzungsprodukten derselben stehen dem Chemiker sehr empfindliche Methoden zur Verfügung, so daß auch die geringsten Mengen dieser Stoffe genau erkannt und zahlengemäß bestimmt werden können. Die durch die chemische Analyse festgestellten Zahlen geben daher dem in dieser Richtung erfahrenen Fachmann ein vorzügliches Mittel in die Hand, um die Frage zu beantworten, ob ein Quellwasser irgendwo auf seinem Lauf mit Fäulnisstoffen oder gar mit Abwasser vom menschlichen Haushalt in Verbindung steht. Wenn dieser Zusammenhang ein ununterbrochener ist, so kann er auch zu jeder Zeit durch die chem. Untersuchung nachgewiesen und erkannt werden. Mehrere zu beliebiger Zeit erhobene Proben werden bei der Untersuchung dasselbe ungünstige Resultat ergeben. Anders liegen indessen die Verhältnisse bei einer Quelle, die nur zeitweise unreine Zuflüsse erhält und zu andern Zeiten rein fließt. In diesem Falle hängt selbstverständlich das Untersuchungsergebnis ganz vom Zeitpunkt der Probeentnahme ab. Die Beurteilung einer solchen Quelle auf Grund der Ergebnisse der chem. Analyse fällt gut aus, wenn zufälligerweise die zur Untersuchung bestimmte Wasserprobe in einem Zeitpunkt entnommen wurde, wo die Quelle rein floß. Zu anderer Zeit aber würde das Ergebnis ganz anders lauten. Die Beurteilung einer Quelle, rein nur nach den Ergebnissen der chem. Untersuchung einer einzigen Probe, ist daher nicht immer möglich. Trifft man beim Probefassen den Zeitpunkt, in welchem die Quelle unrein fließt, dann wird dieser Quellzustand durch die Analyse auch festgestellt und das Wasser muß ohne weiteres als zur Trinkwasserversorgung ungeeignet qualifiziert werden. Die Beurteilung trifft in diesem Falle das Richtige. Allein die Möglichkeit, einer solchen Quelle zu anderer Zeit ganz reines Wasser zu entnehmen, ist selbstverständlich vorhanden. Nach unserer Erfahrung ist sie zwar nicht gerade groß, weil eben die Verunreinigung wohl plötzlich eintreten, nicht aber sofort wieder verschwinden kann. Allein es muß damit gerechnet werden. — Trotzdem ich in Fällen, wo ein Quellwasser ohne genaue Herkunftsangabe auf Grund der Zusammensetzungsverhältnisse als gut bezeichnet werden konnte, mein Urteil mit der Einschrän-

kung abgab, daß die Untersuchung nur beweise, daß die betr. Quelle zur Zeit der Probenentnahme rein geflossen sei, so sind doch die Gutachten über Quellbeurteilung vielfach mißverstanden worden, daher kläre ich bei dieser Gelegenheit gerne diese Frage einmal ab. Nach dem Gesagten ist es einleuchtend, daß eine einmalige, günstig ausfallende Trinkwasseranalyse zu Fehlschlüssen führen kann und durchaus nicht dazu berechtigt, die betr. Quelle definitiv zu beurteilen. Ganz anders liegen die Verhältnisse, wenn das Wasser einer Quelle zu wiederholten Malen, und zwar zu verschiedenen Jahreszeiten und bei verschiedenen meteorologischen Zuständen, besonders auch nach Niederschlägen, nicht nur chemisch, sondern auch bakteriell untersucht wird. Dann ist man imstande, aus den Analysenzahlen einen sicheren Schluß auf die Wasserqualität zu ziehen. Nur eine Beurteilung in diesem Sinne ist wissenschaftlich zulässig.

Die Trinkwasseranalyse gibt, nebenbei bemerkt, auch wertvolle Aufschlüsse über Eigenschaften des Wassers, die außer dem Zusammenhang mit der hygienischen Beurteilung liegen, die aber bei der Einführung eines neuen Wassers in die Gemeinde eine wichtige Rolle spielen. Schon bei der Herstellung der Leitung muß beispielsweise die Härte des Wassers bekannt sein. Harte Wasser haben beim Kochen, beim Waschen und fast bei jeder technischen Verwendung Unannehmlichkeiten zur Folge. Sie sollten daher, wenn immer möglich, selbst wenn sie hygienisch zulässig sind, nicht zur Gemeindewasserversorgung herbeigezogen werden.

Das Gebirge macht bei oberflächlicher Beobachtung vielfach den Eindruck, es sei an Quellen reich, und doch ist es oft für eine Gemeinde schwer, eine oder mehrere genügend starke Quellen für eine richtige Trinkwasserversorgung zu finden. Erweisen sich diese bei der ersten Untersuchung als unrein, so kann unmöglich ohne weiteres auf sie verzichtet werden. Man muß berücksichtigen, daß viele nicht benutzte Wasser beim Zutagetreten, also von der nähern Quellumgebung aus, verunreinigt werden, und daß es durch sorgfältige und genügend tiefe Fassung möglich ist, jede Verunreinigungsgefahr auszuschließen, und damit das betr. Wasser für die Verwendung geeignet zu machen. Bei dieser Arbeit nun leistet die chem. Analyse ebenfalls vor-

zügliche Dienste, indem sie direkte Fingerzeige darüber gibt, auf welche Art die Quelle einwandfrei gefaßt werden kann.

4. Die bakterielle Wasseruntersuchung.

Die Resultate der bakteriologischen Untersuchungen haben es überhaupt erst ermöglicht, den wissenschaftlich einwandfreien Beweis zu erbringen, daß Wasser wirklich Typhusbakterien enthalten, dadurch die Krankheit hervorrufen und die Ursache von Epidemien werden kann.

Die bakteriologische Untersuchung eines Wassers liefert uns aber auch Anhaltspunkte über die Verschmutzung und damit über die Infektionsmöglichkeit eines Wassers. Sie bedient sich dabei im wesentlichen zweier Mittel: der Bestimmung der Keimzahl und des Nachweises von Bakterium coli commune.

Unter der Keimzahl versteht man die Anzahl der Bakterien, welche aus 1 $cm^3$ Wasser auf einem Nährboden von bestimmt festgesetzter Zusammensetzung bei $22^0$ wachsen. Ein Quellwasser mit hoher Keimzahl ist an sich verdächtig, schon deswegen, weil anzunehmen ist, daß es zur Ernährung von viel Bakterien auch viel organische Substanzen enthalten muß. Man hat gegen die darauf gestützte Beurteilung verschiedene Einwände gemacht. Man macht geltend, daß auch das reinste Quellwasser noch genug Nahrungsstoffe für eine große Anzahl von Bakterien biete, und daß die Anzahl der pathogenen Keime ja nicht mit der Gesamtzahl zuzunehmen brauche. Bakterien können von bleibend ungefährlichen Stellen aus in Wasser gelangen, in welchem Falle ihre Anwesenheit in großer Zahl zu keinerlei Bedenken Veranlassung geben kann. Erst wenn bewiesen ist, daß die Bakterien von Abortsgruben oder damit in Verbindung stehenden Örtlichkeiten kommen, dann ist die Gefahr da, dann ist aber schon eine geringe Keimzahl beim Genuß des Wassers gefährlich.

Demgegenüber ist zu erwähnen, daß wir bisher in keinem reinen Quellwasser eine Keimzahl von über 100 gefunden haben, und daß bei auf anderem Wege nachgewiesener Verunreinigung immer hohe Zahlen gefunden worden sind. Wenn auch damit nicht ein strikter Beweis dafür gegeben ist, daß es in allen Fällen so sein muß, so darf doch gesagt werden, daß Keimzahlen von über 100 bei Quellwassern unserer Gegend etwas

Außerordentliches sind, etwas, das den Verdacht rechtfertigt, es handle sich um einen nicht genügend reinen Quellauf, daher zum Aufsehen mahnt und weitere Erhebungen notwendig macht.

Außer der Ermittlung der Keimzahl hat für die Beurteilung eines Wassers der Nachweis von spez. Darmbakterien der Menschen besondere Bedeutung, indem man sagen kann, daß ein Quellwasser, das gegen das Eindringen dieser an sich vielleicht harmlosen Bakterien nicht geschützt ist, auch den gefährlichen Typhus- und Cholerabakterien erreichbar ist. Ein spezifisches Darmbakterium ist Bakterium coli commune. Dasselbe findet sich ausnahmslos im Darm aller Menschen, freilich auch in dem der Tiere. Seine Anwesenheit in Quellwasser in größerer Menge deutet daher auf Verunreinigung mit Düngstoffen, also auf eine zum mindesten ekelhafte, wenn nicht in jedem Falle gefährliche Beimischung.

Das Bakterium coli commune, ein kurzes, die Gelatine nicht verflüssigendes Stäbchen, kann an seiner Fähigkeit, Traubenzucker und Milchzucker zu vergären, an seiner Indolbildung und an seiner Einwirkung auf bestimmte Farbstoffe erkannt werden.

Die letztere Wirkung wird vielfach empfohlen zur raschen Orientierung darüber, ob Bakt. coli im Wasser vorhanden ist. Die Keimzählung dauert nämlich fünf Tage, die Vergärung je nachdem auch längere Zeit. Rascheren Aufschluß kann beispielsweise die Reaktion auf Neutralrot geben[1].

Bei denjenigen Schlußfolgerungen, die sich rein nur auf die Ergebnisse bakteriologischer Untersuchungen stützen, ist große Vorsicht geboten. Selbstverständlich stellen auch diese Ergebnisse nur den Zustand des Wassers zur Zeit der Probeentnahme dar, und es gilt das bei der chemischen Analyse darüber Gesagte. Periodisch durchgeführte Untersuchungsserien liefern eine sicherere Beurteilungsgrundlage.

5. Die örtliche und geologische Untersuchung.

Sie geht darauf aus, die größeren und gefährlicheren Verunreinigungen der Erdoberfläche in der nähern und weiteren Umgebung und dem mutmaßlichen Einzugsgebiete der Quelle,

[1] Bornand, Le contrôle des eaux potables dans les armées en guerre. Mitteilung aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung. Hygiene Band VII 383.

sowie dessen geologische Verhältnisse festzustellen, und bildet wenn richtig und mit genügender geologischer Kenntnis durchgeführt, eine außerordentlich wichtige Ergänzung der chemisch-bakteriologischen Untersuchung.

Man achtet dabei auf die topographischen Verhältnisse, auf die Beschaffenheit der Erdoberfläche, ob sie kulturlos oder bewachsen, ob das Einzugsgebiet Wiese, Weide oder Wald ist, ob darin Bachläufe, ob Einsickerungstrichter sind, und hauptsächlich darauf, ob menschliche Ansiedelungen in dessen Bereich liegen. Ist das letztere der Fall, dann werden die Ablagerungen von Abfallstoffen und die Abwasserverhältnisse eingehend untersucht.

Da es nun von der Beschaffenheit des tiefern Untergrundes abhängt, ob die oberflächlich nachgewiesenen Verunreinigungen in vorhandene Quelläufe gelangen können oder nicht, muß sich an die angedeuteten Feststellungen eine möglichst eingehende geologische Untersuchung und Begutachtung des Einzugsgebietes anschließen, durch welche die Frage zu lösen wäre, ob die allfällig nachgewiesenen Verunreinigungen des Bodens für die betr. Quelle eine Gefahr bilden. Auf die Ergebnisse all der Untersuchungen stützt sich alsdann die Quellbegutachtung. Durch diese Untersuchungsmethode läßt sich — so behauptet man wenigstens — die Verunreinigung eines Quellaufes am sichersten und einwandfreiesten feststellen.

In gewissen, geologisch gesprochen einfachen Gebieten wird der erfahrene Geologe, wenn ihm Beschaffenheit und Verlauf der dortigen Gesteinslagen genau bekannt sind, ohne weiteres ein Urteil über die Zulässigkeit einer Quelle als Trinkwasser abgeben können. Sobald es sich aber um tektonisch gestörte Gebiete handelt oder um Gebiete, wo weitgehende Schuttüberdeckung und die Vegetationsdecke der geolog. Aufklärung entgegenstehen, ist die Beurteilung schwierig. Schon die Bestimmung und die Begrenzung des Einzugsgebietes kann in vielen Fällen eine offene Frage sein, noch mehr ist es dann aber der geheimnisvolle unterirdische Quellauf und sein Zusammenhang mit, beziehungsweise sein Abschluß von der Oberfläche. Bei dieser Sachlage ist es dem Begutachter nicht immer möglich, die Reinheit, beziehungsweise die Verunreinigung einer Quelle mit

Sicherheit festzustellen, und so kann er, einzig nur auf Grund der Kenntnis der örtlichen Verhältnisse, kein bestimmtes Gutachten über die Zulässigkeit der Quelle als Trinkwasser abgeben. Er wird dann mehr nur vermuten können. Zu dieser Ansicht bin ich beim Durchlesen von Quellqualifikationen gekommen, welche sich einzig auf einen Augenschein durch Geologen stützen und sich auf Quellen beziehen, deren chemische Beschaffenheit mir aus einer Reihe von Untersuchungen unseres Laboratoriums zur Genüge bekannt ist.

Damit habe ich mich indessen nur über den Wert der Quellbeurteilung, insofern sie sich ausschließlich auf die örtlichen Verhältnisse stützt, ausgesprochen und möchte ihr damit durchaus nicht die ihr zweifellos zukommende, große Bedeutung absprechen. Ich bin im Gegenteil davon überzeugt, daß eine Quelle nur dann richtig eingeschätzt werden kann, wenn auch die Ergebnisse der örtlichen und geologischen Untersuchung neben andern Faktoren in Betracht gezogen werden. Damit kommen wir auf den eigentlichen Zweck meiner Mitteilungen. Ich habe gezeigt, wie die Prüfung eines Wassers auf Temperatur und Aussehen nur in wenig Fällen sichere Schlüsse auf die Wasserqualität zuläßt, wie die chemische und bakteriologische Untersuchung nur zeitliche Zustände widerspiegelt und oft erst nach systematisch durchgeführten Analysenserien einen einigermaßen sicheren Schluß erlaubt, wie auch die geologische Beurteilung an sich der sicheren Grundlage vielfach entbehrt. Allein alle genannten Erhebungen, nebeneinander und richtig durchgeführt, zeitigen Ergebnisse, welche genügenden Aufschluß geben und die sichere Grundlage der Beurteilung von Quellen bilden können. Nicht eine einzelne chemische Untersuchung mit zufällig günstigem Resultat genügt dazu, auch nicht eine flüchtige Besichtigung der Quellgegend, wohl aber eine möglichst vielseitige Beobachtung und Untersuchung im angeführten Sinne. Man wird einwenden, daß der Weg zu umständlich sei und zu viel Kosten verursache. Wenn es sich aber um eine Einrichtung handelt, die den Bewohnern Sicherheit gegen gewisse Erkrankungen gewährt, wenn die Volksgesundheit im Spiele steht, dann sollten die an sich doch unbedeutenden Kosten einer eingehenden Quelluntersuchung nicht gescheut werden. Das kant. Sanitäts-

departement hat übrigens verfügt, daß die Quelluntersuchungen, die sich auf kommunale Trinkwasserversorgungen beziehen, taxfrei sein sollen, soweit sie durch das kantonale chemische Laboratorium besorgt werden können.

Zum Schlusse sollen noch die vom Kanton aus bisher zur Verbesserung der Trinkwasserverhältnisse getroffenen Maßnahmen in Kürze Erwähnung finden.

Seit dem Bestehen des kant. chem. Laboratoriums für Lebensmittelkontrolle (also seit dem Jahre 1884) sind Trinkwasser untersucht worden, im Anfang freilich nur wenige, und mehr nur im privaten Auftrag. Im Maße, wie die Gemeindewasserversorgungen zunahmen, hatte sich auch das Laboratorium mehr mit Trinkwasser zu beschäftigen. Immerhin blieb es ganz dem Gutdünken der Gemeindevorstände überlassen, ob sie das zur Verwendung in Aussicht genommene Quellwasser untersuchen lassen wollen, oder nicht. Zahlreiche Gemeinden führten denn auch Quellwasser in ihre Gemeinde ein, ohne dasselbe vorher irgendwie begutachten zu lassen. Seit Bestehen der schweizerischen Lebensmittelgesetzgebung, also seit dem Jahre 1909, kam auch in dieses Gebiet der Lebensmittelkontrolle seitens der kantonalen Aufsichtsbehörden mehr Tätigkeit und mehr Überwachung. Wiederholt hatte sich der Kleine Rat mit der Trinkwasserfrage zu befassen. Unter den darauf bezüglichen Beschlüssen ist besonders derjenige hervorzuheben, daß bei nachgewiesener Verunreinigung eines Trinkwassers und daher drohender Infektionsgefahr die Gemeinde von dem kant. Sanitätsdepartement anzuhalten sei, Abhilfe zu schaffen. Nach und nach sind für eine große Zahl von Gemeinden einwandfreie Quellwasser gefaßt und in Gemeindewassernetze eingeleitet worden. Die Trinkwasserverhältnisse im allgemeinen haben sich entschieden gebessert. Daß das nicht durchwegs der Fall sein konnte, ist in Anbetracht der Schwierigkeiten, mit denen besonders die kleineren Gemeinden bei der Lösung der Trinkwasserfrage zu rechnen haben, zu begreifen.

Nicht eben günstige Wirkung auf die Einführung von Gemeindewasserversorgungen hatte die kant. Gebäudeversicherung. Sie ging zu sehr nur darauf aus, den Gemeinden die

Hydrantenversorgung an sich beliebt zu machen, um ausbrechendes Feuer bewältigen zu können; auf eine geeignete, reine Wasserqualität wurde zu wenig geachtet. Man ließ sich leider bei der Auswahl der Quellen und bei der Erstellung der Trinkwassereinrichtungen nicht immer von richtigen Gesichtspunkten leiten.

Nun kam das Kriegsjahr 1914. Schon am Anfang hörte man von den umfassenden Vorsichtsmaßregeln, welche zur Verhütung von Infektionskrankheiten unter den Truppen aller Länder getroffen wurden. Die Trinkwasserkontrolle nahm darin einen wichtigen Platz ein. Mit deren Durchführung wurden Ärzte, Chemiker, Bakteriologen und Geologen betraut, welchen die Aufgabe zufiel, dafür zu sorgen, daß den Truppen einwandfreies Trinkwasser geboten werde. In Fällen, wo dies nicht möglich war, mußte vor dem Genuß eine genügende Desinfektion des vorhandenen Wassers durchgeführt werden. Man darf sagen, daß diese und andere Maßnahmen außerordentlich günstige Folgen auf den Gesundheitszustand der Truppen hatten.

Die starken Truppenaufgebote in der Schweiz hatten Massenansammlungen zur Folge, zum Teil in wenig bewohnten Gegenden. Sie machten daher ähnliche Maßnahmen notwendig. Es galt, zur Verhütung von Infektionskrankheiten den Trinkwasserverhältnissen der betr. Gegenden alle Aufmerksamkeit zu schenken. Von der Sanitätsabteilung des Armeestabes wurden sogenannte Militärgeologen mit der Aufgabe der Untersuchung der Trinkwasser beauftragt. Sie beurteilten nicht nur die benutzten Quellen, sondern auch die Einrichtungen zur Nutzbarmachung des Wassers, die Quellfassungen, Leitungen, Reservoire etc. Die Ergebnisse, soweit sie den Kanton Graubünden betreffen, wurden den einzelnen Gemeinden in ausführlichem Bericht mitgeteilt und ein Auszug davon für die Truppenoffiziere im Druck herausgegeben. Die Trinkwasserversorgungen wurden dabei einfach als gut oder schlecht unterschieden. Als gut wurden sie erklärt, wenn die Qualität der Quellen und Einrichtungen über jeden Zweifel erhaben war; als schlecht alle andern. Nun sind aber schwere Fälle von Mißständen zu unterscheiden, zu deren Berichtigung große und kostspielige Arbeiten notwendig sind, wo es sich überhaupt erst um die Einführung

einer richtigen Wasserversorgung handelt, und leichte, in denen eine bestehende Wasserversorgung durch Anbringung von kleineren Verbesserungen schon in einen genügenden Stand gesetzt werden kann. Diese letzteren Arbeiten sind im Kanton Graubünden zum großen Teil heute schon durchgeführt.

So sehr ich das Vorgehen der Sanitätsabteilung des Armeestabes anerkennen muß und zu schätzen weiß, kann ich mich doch mit der Art der Durchführung nicht einverstanden erklären. Die Beurteilung von Quellen, rein nur auf Grund der örtlichen Besichtigung, führt nicht in allen Fällen zu richtigen Schlüssen. Das hat sich denn auch ganz deutlich gezeigt. Seither gemachte sorgfältige Nachprüfungen einzelner Fälle führten zu Quellqualifikationen, welche von den zuerst gemachten abweichen. Es ist hier nicht der Ort, auf diese Differenzen einzugehen. Allein sie mußten angeführt werden, weil sie einen neuen Beweis dafür bilden, daß die Quellbeurteilung sich nicht auf einseitige, sondern möglichst vielseitige Untersuchungen zu stützen hat, wenn sie das Richtige treffen soll. Wer nur einseitig untersucht, hat nicht das Recht dazu, eine Wasserversorgung öffentlich als schlecht hinzustellen, und damit den betr. Gemeindebehörden einen schweren Vorwurf zu machen. *Das* Gute haben aber die militärischen Wasseruntersuchungen gehabt: sie haben die Bedeutung einer einwandfreien Wasserversorgung wiederum in ein scharfes Licht gerückt und haben Kantons- und Gemeindebehörden zum Aufsehen gemahnt.

Es ist seither durch Verfügung des kant. Sanitätsdepartementes dafür gesorgt, daß künftig die Organe der Lebensmittelkontrolle der Überwachung der Trinkwasserverhältnisse vermehrte Aufmerksamkeit schenken. Neue Quellen dürfen erst dann zu einer Gemeindewasserversorgung benutzt werden, nachdem durch Untersuchung festgestellt ist, daß sie einwandfrei sind.

Durch unsere Kontrollorgane ist in den letzten Jahren vielfach berichtet worden, daß es gewisse Gemeinden auch an dem nötigen Unterhalt ihrer Wasserleitungen fehlen lassen und so in unverantwortlicher Weise ihr von Natur aus gutes Wasser gefährden. Aus diesem Grunde sind die kantonalen Lebensmittelinspektoren beauftragt worden, auch die Einrichtungen zur

Nutzbarmachung des Wassers periodisch zu inspizieren und darüber zu berichten.

Auf eine kleine Broschüre des Armeestabes: „Die wichtigsten Gesichtspunkte, die bei der Errichtung von Trinkwasserversorgungen zu berücksichtigen sind und die häufigsten Ursachen der Verunreinigung des Trinkwassers“ [1] soll hier ausdrücklich verwiesen werden. Sie gibt in vorbildlicher Weise die Hauptpunkte, die bei einer Wasserversorgung zu berücksichtigen sind, an und verbreitet sich dann einläßlicher über die dazu nötigen technischen Einrichtungen.

Es ist zu hoffen, daß durch alle diese Maßregeln eine Verbesserung der bestehenden Verhältnisse eintreten wird. Hauptsache wird aber sein, daß die Gemeindebehörden die nötige Einsicht haben.

In der vorliegenden Arbeit sollte gezeigt werden, wie man die Quellwasser durch chem. Untersuchung genauer kennen lernen kann, wie sich dabei für Kantonsgebiete, die im Vorstehenden genauer bezeichnet sind, bestimmte Zusammensetzungsverhältnisse der Quellen ergeben, aus denen der mögliche Gehalt an denjenigen löslichen Stoffen, die das Wasser dem Gestein entzieht, in Maximal- und Minimalzahlen ersichtlich ist. Kennt man diese, dann ist man in den Stand gesetzt, Verunreinigungen, welche das Wasser von der Oberfläche bezieht, nachzuweisen. Sodann ist der Wert der chemischen, bakteriologischen, geologischen und örtlichen Quellbegutachtung gekennzeichnet und vor Einseitigkeit in der Beurteilung gewarnt worden.

Bei all dem war die Absicht, auf die Bedeutung einer einwandfreien Trinkwasserversorgung hinzuweisen und die Mittel anzugeben, mit welchen man dazu kommen kann.

[1] Zu beziehen bei der Sanitätsabteilung des Armeestabes.