

Hydrogeologische Studien.

Über den Schutz der Heilquellen zu Bad Steben und von Langenau gegen schädigende Einwirkungen von Grab- und Bohrarbeiten.

Von

Adolf Schwager.

Quellschutz im allgemeinen.

Durch das Wassergesetz¹⁾ sollen die unter seinen besonderen Schutz gestellten Quellen nach Möglichkeit vor jeder Schädigung hinsichtlich ihres Bestandes und ihrer Beschaffenheit bewahrt werden.

Diese Schädigung kann zunächst und hauptsächlich innerhalb des Bereiches einer Quelle erfolgen und ist daher in diesem unterirdischen Quell-Nährgebiet vor allem für die Abwehr gefahrbringender Einflüsse Sorge zu tragen. Doch muß ergänzend betont werden, daß auch außerhalb des „Bereiches“, d. h. außerhalb der Umgrenzung der gesamten bodenständigen Zuflüsse nach einem bestimmten Quellpunkt hin, daß also über diese Grenze hinaus nicht jede Schädigungsmöglichkeit für die betreffenden Quellen ausgeschlossen ist. Es sei nur daran erinnert, daß fortschreitende Entwaldung und anschließende vermehrte Abschwemmung der Bodendecke (Pflanzenerde) weite Gebiete der Wasserverarmung entgegenführen. Ebenso, daß übermäßige Beanspruchung des Bodenwassers, sei es zu Nutzzwecken oder auch um einen Bergbau zu ermöglichen, die Quellergiebigkeit ausgedehnter Länderstrecken beeinträchtigt. Infolge dieser Vorgänge können überdies umfangreiche klimatische Änderungen eintreten, ohne daß die gegebenenfalls wirksamen Ursachen im oder auch nur nahe dem Zufließbereich der geschädigten Quellen selbst gelegen sein müßten.

Wie Ursache und Wirkung bei den berührten Umständen sich, wie gesagt, nicht selten auf weit auseinanderliegende Gebietsteile erstrecken, so kann ebenso die Abwehr nur auf der breiten Grundlage eines umfassenden allgemeinen Wasserschutzes ins Werk gesetzt werden. Dem Einzelschutz jedoch wird vor allem das engere, das eigentliche Nährgebiet einer Quelle zugewiesen sein, sofern nicht besondere Verhältnisse vorliegen, wie z. B. bei unter Gasdruck austretenden Quellen, oder solchen mit sehr schwankenden Zufließgrenzen, und bei denen daraufhin eine Einwirkung von Nachbarbereichen her zu befürchten steht.

Bereich der Quellen.

Wie schon bemerkt wurde, ist der gesamte Bodenkörper, aus welchem irgend ein natürlicher Zufluß nach der Austrittsstelle einer Quelle hin stattfindet, als ihr Bereich zu bezeichnen. Kartistisch, d. h. in Projektion, stellt sich der Bereich aber als Fläche dar.

¹⁾ Art. 20 und Vollzugsvorschriften § 39—56 des Wassergesetzes für das Königreich Bayern vom 23. März 1907.

Ausmaß des Quellbereiches.

Die vom Bereich umschlossene Gesamtheit aller quellbildenden unterirdischen Wasserzüge, einschließlich der zum Quellbestand gehörigen Gase, ist naturgemäß der unmittelbaren Wahrnehmung durch unsere Sinne entrückt. Demnach kann die jeweilige Ausdehnung dieses unterirdischen Wassernetzes nur auf dem Wege mannigfacher Folgerungen mit einiger Sicherheit festzustellen versucht werden.

Als nächste und meist unerläßliche Grundlagen für diese angestrebte Festlegung, ganz besonders bei den sogen. Mineralquellen, wären zu nennen: Eine tunlichst erschöpfende Darstellung der Geologie der Umgebung des fraglichen Quellbereiches. Dann deren Hydrographie und Oberflächengestaltung, einschließlich der Wasserscheiden für die Oberflächenwasser. Die näheren klimatischen Verhältnisse (Gang der Niederschläge und der Temperatur, namentlich im Vergleich mit der Schüttung und Temperatur der Quellen). Ferner: Eingehende Kenntnis von Bestand und Beschaffenheit, d. h. der Ergiebigkeit der Quelle, von dem Gehalt des Quellwassers an mineralischen, organischen (belebten und unbelebten) wie an gasförmigen Bestandteilen, und endlich seiner Temperatur.

Es würde aber für den gedachten Zweck oft nicht genügen, letztere Angaben nur von einem beliebigen einzelnen Zeitabschnitt zu besitzen. Ihr möglicher Wechsel im Lauf der Zeiten und die Sicherstellung der wahrscheinlichsten Gründe für diese Veränderlichkeit wären als gleich wertvolle Behelfe zur Lösung der vorwürfigen Frage zu betrachten.

Schädigung der Quellen.

Diese wird sich in erster Linie durch erheblichere Verluste an den natürlichen Zuflüssen ergeben, oder auch durch Ableitung an den Sammeladern vor ihrem Austritt. Außerdem kämen in Betracht: Beschaffenheitsänderungen und Verunreinigung der Quellwässer. Die Beeinträchtigung kann sonach sowohl in einem Verlust (an Schüttung, Gehalt, z. B. Gasen u. s. w.), als auch in einem schädigenden Zufluß (Einleitung von Kulturabfällen, bei Tiefenwässern in möglichem Einbruch sogen. „wilder Wasser“) bestehen.

Bei den Mineralquellen würde es sich insbesondere um künstlich verursachte Änderungen im bezeichnenden Bestand handeln.

Schutzbereich und Schutzmaßnahmen.

Wie schon eingangs erwähnt wurde, können sich innerhalb des ganzen nachweisbaren Quellbereiches schädigende Einwirkungen geltend machen und zwar an Punkten, die vom Quellort am entferntesten liegen, im allgemeinen am wenigsten, mit Annäherung an diesen in stetig verstärktem Maße. Ergeben die geologischen Aufschlüsse jedoch für bestimmte Teile des Bereiches eine besondere Fassungs- oder Leitfähigkeit für die Zuzugs- oder Abflußwässer, so wird innerhalb dieser Wasserzüge selbstverständlich die größere Empfindlichkeit bezüglich der gedachten Einwirkungen liegen. Die Schutzbedürftigkeit und die ihr entsprechenden Abwehr-Maßnahmen werden demnach ebenso mit Annäherung an die nachgewiesenen bevorzugten Wasserleitwege, wie an den Quellort für sich immer vordringlichere. Damit ist als erste Aufgabe jedes wirksamen Quellschutzes die Überwachung oder Verhinderung tieferer Bodeneingriffe gerade in der Nähe dieser vermuteten oder sichergestellten Hauptwasserwege zu betrachten.

Die vermerkten, stets erwünschten, vielfach dringend erforderlichen Behelfe zur Festlegung des Bereiches einer Quelle deuten bereits die Schwierigkeiten an, die der vollentsprechenden Lösung dieser Aufgabe mancherorts entgegenstehen werden; und hiebei sei noch gar nicht des oft kaum lösbaren Widerstreites gedacht, der bei dem Versuch einer gerechten Scheidung von Nachbarbereichen bestehen kann. Gilt dies schon für die Quellen im allgemeinen, um so mehr für die nach Ursprung, Weg und Gehalt unter Ausnahmeverhältnissen stehenden Mineral- oder Heilquellen. Mit der Unzulänglichkeit der erhältlichen Hilfsnachweise muß aber die versuchte Abgrenzung des Gefahrenbereiches oder gar seine Abstufung stets als unsichere, wenigstens als verbesserungsfähige gelten. Mit diesem Hinweis und unter Bezugnahme auf das bisher Vorgebrachte, sei nun an die summarische Beantwortung der vorangestellten Fragen geschritten.

Schutzbereich der Heilquellen zu Steben.

Die Quellen zu Steben kennzeichnet ihr Gehalt als reine Eisensäuerlinge, deren Austritt aus dem festeren Gestein des Untergrundes (als Tatsache findet sich dies freilich nirgends beurkundet) kaum fraglich auf Spalten des Diabases erfolgt, der in naher Umgebung auch sichtbar austreicht. Zurzeit liegt ihre Fassung 13 m (Tempelquelle) und 17 m (Wiesenquelle) unter Tag, aller Wahrscheinlichkeit nach noch in der Talaufschüttung, wenn dies nicht zuträfe, dann doch wenigstens im meist sehr brüchigen Ausgehenden des Diabases.

Die Stebener Quellen sind aufsteigende Quellen, kurz Steigquellen (auch entsprechend der gleichmäßigen Temperatur von 13,0° C., die somit erheblich über die Durchschnittstemperatur des Ortes hinausgeht).

Der Auftrieb wird sichtlich vorzugsweise durch die reichlich mit austretende freie, d. i. ungebundene Kohlensäure bewirkt. Doch läßt sich für das Aufsteigen des Quellwassers die Mitwirkung von hydrostatischem Druck nicht völlig von der Hand weisen. Einmal fördert gewiß die, wie erwähnt, unzweifelhafte Zuleitung auf Gesteinsspalten (des weiteren wohl auch auf offenen tektonischen Klüften größerer Erstreckung durch ganze Schichtreihen) jede Druckfortpflanzung, anderseits steigt das Gelände der Quellumgebung nach Westen zu, der flachabfallenden Talmulde entgegen, auf 2 km Entfernung bis über 130 m absoluter Höhe. Wenn das Mineralwasser daher nicht schon unter eigenem hydrostatischen Auftrieb steht, so wäre es denkbar, daß auflastendes spezifisch leichteres und folglich mit dem spezifisch schwereren Mineralwasser weniger schnell mischbares gewöhnliches Grund- oder Untergrundwasser den Antrieb der aufwärtsdrängenden Kohlensäure verstärkt.

Die Abhängigkeit des nachgewiesenen mineralischen Gehaltes der Stebener Quellen von der Gegenwart überschüssiger Kohlensäure bedarf keines besonderen Beweises. Ebenso bestimmt entstammen die das Mineralwasser begleitenden Gase: Sauerstoff, Stickstoff und die der Menge nach weit vorherrschende Kohlensäure tieferen Erdschichten; wobei nicht gerade an die unmittelbare und ungeteilte Zuleitung aus sogen. ewiger Teufe gedacht werden müßte, wie es die zurzeit herrschende Theorie im Grunde verlangt. Denn Sauerstoff und Stickstoff, noch weniger die verzeichneten Spuren von Schwefelwasserstoff in der Wiesenquelle und dem Höllensprudel, die mitauftretenden Gase, sind, wenigstens im vorliegenden Fall, gewiß keine einheitlichen Abkömmlinge derselben unergründlichen Tiefen, wie sie doch für den Ursprung der Kohlensäure gefordert werden.

Ohne überdies auf das Wie und Wo der eigentlichen Abstammung der Gase, worunter namentlich die Kohlensäure verstanden sein will, jetzt näher einzugehen, genügt es vorläufig zu wissen, daß sie auf bestimmte Hohlräume-Züge (durch klaffende Risse im Gestein und Gesteinsverband entstanden) innerhalb der Erdkruste beschränkt, zur Oberfläche streben.

Eine weitere Erfahrung lehrt, wie die Kohlensäure und ihr Erzeugnis, die Sauerlinge in der heutigen Verbreitung durchaus nicht überall an die Anwesenheit oder auch nur an die größere Nähe von Eruptivmassen geknüpft sind, wohl aber stets an ein mehr oder minder gestörtes Gebirge. So möchte der Schluß erlaubt sein, das Diabasgebiet der Stebener Gegend mehr auf Grund seiner hervorragenden Zerklüftung, die offenbar in große Tiefen fortsetzt, durch das häufige Auftreten von Sauerlingen ausgezeichnet zu finden, als zufolge der so weit zurückliegenden Bildungszeit der vorhandenen Diabase oder Grünsteine. Die nächste Folgerung müßte dann lauten: Auch bei Steben sind Kohlensäure und Sauerlinge, will sagen ihr Bereich, keineswegs an die Diabasgesteine allein gekettet. Zu derselben Vorstellung leitet auch der nähere Vergleich vorhandener Analysen der Stebener und der benachbarten Sauerlinge. (Die betreffenden Analysen siehe u. a. „Deutsches Bäderbuch“ 1907.)

Alle diese Sauerwässer, jene zu Steben, im Höllenthal, bei Lobenstein und auch das von Langenau, liegen zwar entweder innerhalb der Verbreitung von Diabas und seiner Abkömmlinge, oder wenigstens im engen Anschluß an deren Hauptverbreitung¹⁾ und sind hoch eisenhaltig. Dem genannten gemeinsamen Verhalten gegenüber ergeben sich aber, vorweg in Bezug auf die Einzelgehalte dieser Wässer, ganz wesentliche Unterschiede. Es gilt dies nicht allein für die sogenannten fixen oder festen Bestandteile. Bei den flüchtigen, den Gasen, die wie schon angedeutet, wesentlich den Verlauf und den sonstigen Gehalt dieser Ergüsse mitbestimmen, erhält ihre nachgewiesene örtlich, ja zeitlich wechselnde Vergesellschaftung erhöhte Bedeutung.

Dem bemerkenswertesten Unterschied bezüglich der Gasführung begegnen wir bei den nur 45 m voneinander abliegenden Quellen in Steben, der Tempel- und Wiesenquelle. Nicht nur, daß jener Unterschied sich von Quelle zu Quelle auf so kurze Entfernung hin kundgibt; es verzeichnet die Analyse der Tempelquelle für die kleinen Gasblasen einen Gehalt von nahezu 90 Prozent an Kohlensäure, wogegen die großen Gasblasen an gleicher Stelle bis zu 90 Prozent aus Stickstoff bestehen.²⁾

¹⁾ Siehe die Kartenbeilage der vorliegenden Jahreshefte.

²⁾ Einen beachtenswerten Beitrag zum Nachweis der wesentlichen Verschiedenheit so nahe benachbarter Quellen, die man bislang als einfache Abzweigungen eines untief gelegenen Stammes anzusehen gewohnt war, bringt die Mitteilung von Dr. med. F. HAMMER in der Münch. med. Wochenschrift Nr. 8 1907. Die Untersuchung der Stebener Quellen auf ihre Radioaktivität ergab nach diesen Mitteilungen im Mittel von zehn Beobachtungsperioden und zwar für die Tempelquelle: Voltabfall per Liter und Stunde = 10298,12; Elektrostatische Einheiten in $10^9 = 125,46$; für die Wiesenquelle: Voltabfall per Liter und Stunde = 1282; Elektrostatische Einheiten in $10^9 = 15,5$. Eine weitere Feststellung ergab den Nachweis, daß die Stebener Quellen nur Emanation, aber kein radioaktives Salz enthalten.

Anschließend möchte bemerkt werden, daß nach einer kürzlich erfolgten Veröffentlichung die Aktivität der Langenauer Max-Marienquelle 689,6 Volt per Liter und Stunde, oder 8,36 in elektrostatischen Einheiten nach MACHE, beträgt. Auch wäre (nach SPARTH) für diesen Sauerling ein Lithiumgehalt von 0,00825 g Li_2CO_3 im Liter nachzuweisen, statt nur 0,0025 g der älteren Analyse.

Die analytischen Belege dergestalt bedeutender Unterschiede in den vorerwähnten Vergleichswässern, nicht bloß in der örtlichen, sondern auch zeitlichen Gasführung, desgleichen im mineralischen Gehalt, sprechen nicht allein gegen einen gemeinsamen Ursprung aller ermittelten Gase, sondern auch gegen mehr oder minder gemeinsame Wege dieser Abflüsse, und schließlich nicht weniger gegen die Berührung mit gleichen Gesteinsarten.

Den besten Beweis für den entweder tatsächlich fehlenden oder doch nur losen Zusammenhang der bezeichneten Sauerwässer nächst Steben, wenigstens was mäßige, durch Bohrung unschwer erreichbare Tiefen anbelangt, erbrachte die Erschließung des Höllensprudels. Trotzdem diese Quelle aus 262 m Tiefe ein Vielfaches an Gas und Wasser gegenüber der Gesamtheit aller Nachbarsäuerlinge zutage fördert, ist bis jetzt eine Einwirkung auf letztgenannte Quellen nicht zu beobachten gewesen.

Unbeschadet der vielfachen Lücken in der derzeitigen Kenntnis des allenfallsigen Wechsels in der Schüttung, wie in jenem der Gehalte und der sonstigen Eigenheiten der besprochenen Quellen, lassen sich aus dem diesbezüglich bisher Bekanntgewordenen doch mancherlei Folgerungen hinsichtlich ihrer Bildungsweise, speziell jener zu Steben, und hiermit auch für ihre Bereichserstreckung ableiten. So kann der ungleiche und, wie dargetan ist, auch zum Teil wechselnde Gehalt und das sonstige Verhalten der in Betracht gezogenen Sauerwässer nur eine entsprechende Erklärung finden, wenn zunächst dem Wasser und der Kohlensäure vor ihrer gegenseitigen Berührung und der nachfolgenden Mineralisierung der gasgeschwängerten Zuflüsse getrennte Herkunft zugewiesen wird. Dies gilt unter der Voraussetzung, daß, der zurzeit herrschenden Theorie entsprechend, auch hier an der erstmaligen Entbindung der Kohlensäure in unbekannter Tiefe festgehalten werden soll.

Den reichlichen und überdies so nachhaltigen Austritt der Kohlensäure in den vorliegenden Fällen von der zwar vielgestaltigen, aber doch im ganzen spärlichen und dabei über weite Strecken mehr gleichartig verbreiteten Kohlensäurebildung in und nahe den obersten Erdschichten nebst der Anreicherung dieses Gases daselbst allein ableiten zu wollen, wird bei fehlenden stichhaltigen Beweisen für diese Annahme als unzureichend gelten können. Demnach bleibt nur übrig, wie schon öfter berührt wurde, den eigentlichen Herd der Kohlensäure in unerforschte Tiefen zu verlegen, von denen aus in allmählicher Verzweigung, entsprechend der nach oben zunehmenden Zerklüftung der durchzogenen Gesteine, der Gasstrom zutage drängt.

Der unter Druck aufwärts strebenden Kohlensäure begegnen zum Teil auf gleichen Wegen die absinkenden Tagwasser. Diese sättigen sich mit Kohlensäure und demzufolge mit den, den Umständen gemäß löslichen Mineralstoffen der benetzten Gesteine. Die dergestalt mineralisierten Tagwasser werden schließlich unter dem Überdruck der unverbunden gebliebenen, oder durch Druckentlastung wiederum entbundenen Kohlensäure an jenen Stellen, die dem Austritt den geringsten Widerstand entgegensetzen, d. h. auf dem sich ergebenden kürzesten Weg, als die bekannten Mineralquellen ans Tageslicht gehoben.

Auf diese Weise erklärt sich ohne Zwang: die ungleiche Ergiebigkeit der einzelnen Quellen, da ihr ein entsprechender Wechsel in den sie nährenden Niederschlägen zur Seite steht; geben sich die Begleitgase der Kohlensäure als die Reste der mit den Sickerwässern zur Tiefe geführten Luft zu erkennen, wobei der Sauerstoff bis auf geringe Mengen durch die Oxydationsvorgänge in den oberen Teufen

als verbraucht erscheint; verrät sich endlich die erwähnte Spur Schwefelwasserstoff als Endprodukt der Zersetzungs Vorgänge an dem im Diabas und Diabasmandelstein reichlich eingeschlossenen Eisenkies.

Auf Grund der vorstehenden, wenn auch nur notdürftig klärenden Erörterungen erscheint nun die Lösung der Bereichs- und damit auch der Schutzbereichs-Frage für die Quellen zu Steben dennoch wesentlich erleichtert.

Abgesehen von der, man kann sagen allgemeinen, freilich auch so sehr verschiedenen Durchlässigkeit der Gesteine an sich für Wasser und Gase, bilden die in den geologischen Karten verzeichneten Bruchspalten, so weit sie nicht durch spätere Ausfüllungen verschlossen sind, die gangbarste Verbindung der Oberfläche mit den Tiefen der Erdkruste.

Für die Stebener Gegend kommen drei Hauptrichtungen dieser Spaltenwege in Betracht: Die hercynische, die von SO nach NW streicht (u. a. Haupterstreckung der Massengesteine, der Erz- und anderweitigen Gangkörper), die erzgebirgische, von SW nach NO verlaufend (Streichen der großen Gebirgsfalten) und eine von S nach N sich erstreckende (Verlauf der benachbarten Hauptaltfurchen, gleichsam im Verein mit hauptsächlich von O nach W ziehenden Nebentaltfurchen auch die Resultanten der zwei erstgenannten Richtungen).

Die Richtung der herrschenden Spaltenzüge spielt jedoch nicht bloß in der Begrenzung der großen geologischen Komplexe eine tiefeinschneidende und gestaltende Rolle. In den nicht selten dicht gescharten, gleichlaufenden seichteren Nebenspalten innerhalb der Einzelschichten, ja in der sichtbaren Kleinklüftung der Gesteine an sich, finden sich diese Linien oft aufs deutlichste ausgeprägt. Doch wäre ergänzend zu betonen, daß nicht bloß die geologische, sondern auch hydrologische Bedeutung der unterschiedenen Bruchzüge nicht selten und rasch von einer zur anderen überleitet oder überspringt, sei dies bei Scheidung ungleichalteriger geologischer Glieder, der Verschiebung gleichalteriger oder bei bloßer Zerspaltung der Gesteinskörper.

Aus alledem läßt sich entnehmen, welche Wichtigkeit diesen Erdrissen, namentlich an Scharungs- und Kreuzungsstellen, gegebenenfalls, d. i. soweit sie leitend zur Tiefe führen, für die Zu- und Abfuhr von Gas und Wasser, für die Bildung der Mineralquellen, somit auch jener zu Steben, zukommen muß. Es steht demnach ebenso für Steben (der Austritt von Mineralwasser weist schon an und für sich auf das Vorhandensein unter jenem liegender, tieferer Gebirgsspalten hin) zu erwarten, daß vom Quellpunkt aus gemessen gerade längs den gegebenen drei, auch im geologischen Kartenbild daselbst scharf ausgeprägten Hauptspaltspuren am ehesten, in bestimmten Teufen und auf gewisse Weite hin, Kohlensäure und mit dieser auch Mineralwasser anzutreffen sein wird. Dies gilt natürlich nur, soferne die vorhandenen Spalten keine örtliche Ablenkung vom allgemeinen Streichen, auch keine Abweichung von der geradlinigen Fortsetzung aufweisen, ebenso nur bei angenähert lotrechter Tiefenerstreckung und ungehinderter Leitfähigkeit. Es liegen daher, unter vorstehenden Einschränkungen, vom Quellort ab die empfindlichsten oder wunden Stellen vor allem in den Bruchstrichen der hercynischen, der erzgebirgischen und der NS-Richtung. Hier würden Grab- und Bohrarbeiten in erster Linie als schädigend wirksam anzunehmen sein.

Die natürlichen Austrittsstellen der Sauerlinge liegen aber nahezu ausnahmslos in den Talböden, d. h. dem tiefsten Anschnitt ihrer die Talung querenden Zuflußwege. Da sich ferner derlei Quellen fast durchweg nur wenig über die ge-

wöhnliche Ausflußhöhe stauen lassen, mag die Ansicht als wohlbegründet gelten, daß, abgesehen von außerordentlichen Verhältnissen, nur Erdaufbrüche unter dem Niveau der Quellenmündung im Gleichgewichtszustand des etwa getroffenen Quellgeäders eine wesentlichere und damit augenfälligere Änderung, will sagen eine unmittelbare und nachweisbare Schädigung herbeiführen können.

Noch gilt es, das Nötigste über die mögliche Ausdehnung des Quellbereiches und den innerhalb seiner Grenzen zu fordernden Schutz zur Sprache zu bringen. Nach den vorliegenden Angaben beträgt die Schüttung der zwei Stebener Mineralquellen zusammen rund einen Sekunden-Liter. Bei einer Niederschlagshöhe von 100 cm im Jahr und 3,79 qkm Zuflußfläche an Tag (für den Quellpunkt) berechnet sich die zugehörige Niederschlagsmenge zu über 100 Sekunden-Liter. Die Schüttung der Heilquellen würde demnach hierbei kaum den hundertsten Teil beanspruchen. Messungen im vergangenen Sommer ergaben als Abfluß im Stebenbach (in unmittelbarer Nähe der Heilquellen) kaum fünf, und kurz darauf, nach Vereinigung mit dem Seifenbach, nicht mehr als zehn Sekunden-Liter, trotzdem deren orographisches, d. i. Zuflußgebiet an Tag von fast 200 Sekunden-Liter Niederschlag getroffen wird. Diese, auch nach Annahme anderseitiger, doch unbekannter Entwässerung, weit unter dem sonstigen Durchschnitt stehende Ergiebigkeit der ständig fließenden gewöhnlichen Quellen, ist Zeuge einer verminderten Aufnahmefähigkeit des Bodens, die in seiner vorwiegend lehmigen Verwitterungsdecke eine hinreichende Erklärung und in den nicht seltenen Überschwemmungen des Talgrundes ihre Bestätigung findet.

Es decken sich jedoch Zuflußfläche an Tag einerseits und Einzugsgebiet unter Tag („Bereich“ der vorliegenden Untersuchung, bestimmter auch als Nährbereich unter Tag zu bezeichnen), anderseits schon bei den Fallquellen (Sickerquellen vorwiegend) nicht immer, um wie viel seltener ist dies bei den Steigquellen (Gaswasserquellen zum Teil) wie jenen zu Steben zu erwarten. Die Tiefenlage des Bildungsherdens bedingt es schon, daß hier Zuflüsse aus weit größerer Entfernung erfolgen können, als bei Quellen mit stetig abwärts gerichtetem Zufluß.

Erwies sich sonach die Quellergiebigkeit der Oberflächenschichten der Umgebung von Steben durchschnittlich als eine mäßige, so muß den eigentlichen Bruchbahnen, soweit sie mit den Heilquellen in Verbindung stehen, dagegen eine erhöhte Aufnahmefähigkeit für die Niederschläge zugesprochen werden. Wie die Zertrümmerung der Schichtglieder nicht bloß deren Erosion begünstigt, so begünstigt diese Abtragung und Ausnagung der Schichtteile ihrerseits das Eindringen des Wassers in die Tiefe.

Die obige Verhältniszahl zwischen Schüttung der Heilquellen und der Niederschlagsmenge, die auf deren Zuflußfläche an Tag trifft, in Gegenüberstellung zu dem eben Bemerkten erfordert daher, im Sinn der gestellten Hauptfrage, noch eingehendere Besprechung.

Wie bereits hervorgehoben wurde, decken sich Quellbereich und Zuflußfläche an Tag bei gewöhnlichen Quellen nicht immer (besonders dann nicht, wenn Verlauf der wasserstauenden Gesteinsflächen und Oberflächengestaltung in namhaftem Gegensatz zueinander stehen); bei Tiefquellen natürlich noch viel weniger. Stets besteht aber die Möglichkeit der mittelbaren Speisung einer Quelle aus allen Teilen ihrer Zuflußfläche an Tag, insoferne die oberflächlich nach dem Quellpunkt abfließenden Niederschläge doch schließlich, wenn auch nur zum Teil, durch Versitz in den engeren, eigentlichen (Boden-) Bereich der Quelle gelangen können:

Entsprechend dieser Überlegung läßt sich ein mittelbarer Bereich, d. i. ein durch Vermittlung der äußeren Bodengestaltung an der Quellbildung beteiligter, und ein anschließender, d. i. durch die innere, geologische Bodengestaltung bedingter unmittelbarer Bereich, der „Bereich schlechthin“, unterscheiden.

Eine übersichtlichere Nebeneinanderstellung der allenfalls unterscheidbaren Teile eines Quellbereiches soll im folgenden versucht werden und zugleich zur Klärung des Nachstehenden dienen.

Unterscheidbare Teile innerhalb eines Quellbereiches.

Quell-Bereich (Quell-Nährbereich oder Quell-Nährgebiet)	Tag-Bereich oder Bereich an Tag	Niederschlags-Bereich oder Nährfläche	außerhalb der Wasserscheide (für den Quellort): Außenbereich an Tag	Mittelbarer oder Vorbereich.
			innerhalb der Wasserscheide (für den Quellort): Zuflußfläche an Tag = Innenbereich an Tag	
Bereich unter Tag	Bodenbereich = Grundbereich = geologischer Bereich = Einzugsgebiet = Bereich schlechthin	Unmittelbarer Bereich	Außen-	Bereich unter Tag (außerhalb und innerhalb der Wasserscheide).
			Innen-	

Anschließend an vorstehende Bereichs-Unterscheidung läßt sich der gesuchte, für den Quellschutz hier allein in Frage kommende Bodenbereich bestimmter umschreiben. Stellt sich das ungefähre Verhältnis von Niederschlag und Bodenspende im allgemeinen bei gewöhnlichen Quellen wie 3 : 1, und fände das gleiche Maß auf die Stebener Quellen Anwendung, dann würde schon der 30. Teil ihrer Zuflußfläche an Tag zur Quellspeisung genügen. Während indessen Fallquellen vorzugsweise aus dem einseitig an den Quellaustritt anschließenden (von der betreffenden Wasserscheide umfaßten) Innenbereich an und unter Tag genährt werden, muß bei Steig-, (hier Gaswasser-) Quellen, soweit nicht besondere geologische Verhältnisse dagegen sprechen, ein nahezu allseitiger, wenn auch nicht allseitig gleichmäßiger Zufluß angenommen werden. Dort wird somit der Quellpunkt an der Außenseite, hier mehr in der Mitte des jeweiligen Bereiches zu liegen kommen.

Die Bereichs-Verteilung für die Stebener Quellen gestaltet sich nach den vorstehenden Erläuterungen nun folgendermaßen. Als Nährfläche käme zunächst, aus den erwähnten Gründen, die ganze Zuflußfläche an Tag in Betracht. Ferner alle sonstigen Oberflächen-Teile der nächsten Quellumgebung, soweit sie mit dem Tiefenherd der Quellen leitend verbunden gedacht werden können. Wird diesem Außenbereich an Tag die gleiche Erstreckung wie dem zuerst genannten (Innenbereich an Tag) zuerkannt, dann würde der Niederschlags-Bereich fast um das 70fache den Bereich gleich starker Fallquellen übertreffen. Dies bedeutet, daß der tatsächliche Niederschlags-Bereich kaum über die angegebene Fläche hinausgreifen, ja in seinen bezeichneten Außenteilen sie schwerlich erreichen wird und überdies schon bei dieser Abmessung in den vom Quellort entlegensten und höchstgelegenen Teilen für den Quellbestand nur von verschwindender Bedeutung sein wird.

Der geologische (Boden-) Bereich, zugleich Bereich des geforderten Schutzes, deckt sich im allgemeinen mit dem Niederschlagsbereich, sofern nicht an sich wasserundurchlässige oder auch unleitend gewordene hangende Lagen in stärkerer Verbreitung sich am Bereichs-Aufbau beteiligen, und dadurch eine anderseitige Ableitung der Bodenwasser bewirken. Dies wird für Steben im ganzen zu ver-

neinen sein. Was schließlich die Bedeutung der einzelnen Bereichsteile für den Quellbestand anlangt, so wächst diese mit der Leitfähigkeit der durchflossenen Schichten, und sowohl mit der Nähe des Quellortes als mit jener des eigentlichen Bildungsherdos der Quellen.

Unter Berücksichtigung des bisher Geäußerten und auf Grund der bislang an den Quellen angestellten verwertbaren Beobachtungen kann somit dem Vorschlag, als Schutzbereich eine Kreisfläche von 1 km Halbmesser, mit den Quellen als Mittelpunkt, zu erklären, nur zugestimmt werden.

Das Endergebnis der gepflogenen Erörterungen läßt sich dann in folgende Sätze kleiden: Der Bereich der Heilquellen zu Steben (Tiefquellen) ist, ungeachtet der örtlich größeren Leitfähigkeit ihres strichweise spaltendurchsetzten Nährgebietes, wesentlich weiter zu fassen, als er sich nach Maß der Schüttung für gewöhnliche Quellen (Seicht- oder Flachquellen) berechnen würde. Der wichtigste und empfindlichste Teil des Bereiches liegt längs der bezeichneten Bruchstriche des Quellgeländes. Ihr Verlauf ist nicht selten durch nach dem Quellort gerichtete Erosionsrinnen angedeutet.

Die nächste Gefahr für die Quellen besteht daher bei tieferen Bodeneingriffen unter das Quellenniveau innerhalb des angenommenen Bereiches. Sie wächst mit Annäherung an die Hauptstörungsrichtungen und an den Quellort selbst. Einen verzögert nachwirkenden, aber immerhin schädigenden Einfluß kann jede bedeutendere künstliche Wasserableitung innerhalb des ganzen Bereiches herbeiführen.

Bei dem vorherrschenden SW-Einfallen der Schichten muß die vom Quellort nach NO liegende Seite des Bereiches als die empfindlichere gelten.

Schutzbereich der Mineralquelle in Langenau.

Die Max-Marienquelle in der Langenau im südöstlichen Frankenwald, ein erdiger Eisensäuerling, entspringt bei 460 m über dem Meer auf einer SW nach NO gerichteten, erzgebirgischen Spalte der im Talgrund entblößten Culmschiefer. In das gleiche Gestein ist das ganze, flach von O nach W abfallende Haupttal scharf eingeschnitten, an dessen Beginn der Quellort liegt; die Schüttung der Quelle wird mit 9 Minuten-Liter (= 0,15 Sekunden-Liter) angegeben.

Der Langenauer Säuerling zählt gleich den Stebener Quellen zu den Steigquellen. Der Auftrieb wird sichtbar durch die reichlich mit austretende Kohlensäure (1,317 g = 693 ccm CO₂ in 1000 g H₂O) bewirkt. Doch ist nicht ausgeschlossen, daß auch hier hydrostatischer Druck zur Mitwirkung gelangt. Fürs erste erheben sich die eng angeschlossenen Berge bis auf 200 m absoluter Höhe. Anderseits wird bei unzweifelhaftem Spaltenverlauf der Quellzüge und der in Übereinstimmung mit dem Verhalten der Nachbarsäuerlinge abgeleiteten alleinigen Speisung durch die atmosphärischen Niederschläge, eine Druckübertragung von höher gelegenen Zuzügen aus sehr wahrscheinlich gemacht. Leider fehlen Beobachtungen über einen möglichen Wechsel der Schüttung, die im Vergleich mit dem Gang der atmosphärischen Niederschläge dementsprechende Schlüsse gestatten würden.

Der in der vorliegenden Analyse des Säuerlings nachgewiesene ungewöhnlich hohe Calciumhydrokarbonat-Gehalt mit 1,59 g Ca (HCO₃)₂ in 1000 g Wasser, spricht für die Mineralisierung in bedeutender Tiefe. Denn nur ein unter hohem Druck mit Kohlensäure gesättigtes Wasser vermag entsprechende Mengen Kalk in Lösung zu führen. Zeigt das Mineralwasser trotzdem nur 8,4° C. Wärme an, die

von der durchschnittlichen Temperatur des Quellortes nur wenig abweicht und hiermit in scheinbaren Widerspruch zu dem geforderten Tiefenursprung gerät, so mag der einfache Hinweis auf die dürftige Schüttung diesen Zwiespalt zu lösen berufen sein.

Auch für die Langenauer Quelle wird an der Annahme ursprünglich getrennter Wege von Wasser und Kohlensäure festzuhalten sein. Während das Wasser anfänglich den abwärtsgerichteten Lauf der gewöhnlichen Sickerwasser nimmt, steigt die Kohlensäure aus großer Tiefe auf; sei es aus Herden mit stetiger Neuentbindung oder aus solchen einstmaliger Ansammlung dieses Gases.

Auf den herrschenden großen Bruchzügen, die das umliegende Gebirge vielfach bis in ungemessene Abgründe hin zerteilen und örtlich geöffnet halten, begegnen und durchdringen sich Gas und Wasser. Hier, gesättigt mit Kohlensäure, relativ dem größten Druck und der höchsten Wärme ausgesetzt, vollzieht sich der Hauptakt der Mineralisierung des Wassers. Endlich überwindet der Trieb der ungebunden verbliebenen und auf dem weiteren Weg wieder frei gewordenen Kohlensäure die Last des aufruhenden Wassers, drängt und hebt es vor sich her, bis beide an jenen Stellen, die ihnen den geringsten Widerstand bieten, und diese werden meist im Taltiefsten liegen, ins Freie gelangen.

In Ergänzung zu dem Versuch aus den spärlichen Tatsachen, die über die Langenauer Quelle zu erhalten waren (und demgemäß mehr in Übereinstimmung mit den Erfahrungen an anderen Orten) ihre Bildungsumstände klarzulegen, möge als weiterer Beitrag in dieser Hinsicht die Gegenüberstellung einiger Austrittshöhenlagen (an Tag) benachbarter Sauerlinge dienen. Langenau 460 m; Steben 570 m; Krötenmühle (seit Jahren; aber vor Erschließung des Höllensprudels, versiegt): 518 m; Lobenstein: 500 m; und der 1902 in 262 m Tiefe erbohrte Höllensprudel: 481 m über dem Meer.

Die Erschöpfung dieser weitaus tiefsterschlossenen Quelle mit ihrer reichen Schüttung hat, nach den bisherigen Erfahrungen, demnach weder am Bestand der nächsten und höchstgelegenen, noch an den übrigen Sauerlingen eine Änderung herbeigeführt.

Wie ist diese Tatsache mit der Annahme eines gemeinsamen Tiefenherdes für die Kohlensäure in Einklang zu bringen? Es ergeben sich nur drei Möglichkeiten: 1. Es besteht kein oder kein irgendwie bedeutsamerer Zusammenhang. 2. Die Abzweigungen der Kohlensäure liegen tief unter den eigentlichen Bildungsherden der Sauerlinge; oder 3. Die Widerstände an den Verbindungsstellen sind so groß, daß die Entlastung der einen Austrittsstelle sich an den anderen nicht zu äußern vermag. Ergibt sich hieraus, warum die gegenseitige Abhängigkeit der genannten Sauerlingsgruppe keine so große sein kann, als gemeinhin angenommen wird, so mag dabei bemerkt werden, daß keiner der erwähnten Nachbarsauerlinge an den Hauptstörungslinien liegt, die am Höllensprudel vorbeiziehen.

Für die Bereichs-Bemessung einer Quelle bietet ihre Schüttung den nächsten Anhalt. Die obigen 0,15 Sekunden-Liter der Langenauer Quelle würden als alleiniges Nährgebiet kaum viel mehr als zwei Hektar Niederschlagsfläche beanspruchen. Bei dem Quellverlauf auf tiefen und mit den Gebirgsbau beherrschenden Linien gleich gerichteten Spalten, ist die Speisung auf die Reste jener Versitzwasser angewiesen, die überhaupt nach diesen Spalten verkehren. Es ist ersichtlich, daß in solchem Fall der Bereich über das Maß für die gewöhnlichen (Seicht-) Quellen hinausreichen muß.

Eine Kreisfläche von 1 km Halbmesser und der Quelle als Mittelpunkt würde sicherlich als Schutzbereich vollauf genügen, wenn innerhalb dieser Fläche, in erster Linie selbstverständlich in der Richtung und nahe der Quellspalte und ihren nachweisbaren oder vermuteten Abzweigungen, alle tieferen Grab- und Bohrarbeiten unter dem Quellniveau der Genehmigung unterliegen. Im gleichen Umkreis und unter Beachtung der gleichen, zuerst genannten Umstände wären überdies alle irgendwie bedeutenderen künstlichen Bodenentwässerungen zu verhindern oder zum mindesten zu überwachen.

